



067



The Marquis of Stafford.



11963/C
116844 P.C. 33

9.
20: 11.0

L'ASTRONOMIE MODERNE
DEPUIS LA FONDATION
DE L'ECOLE D'ALEXANDRIE
HISTOIRE
DE
L'ASTRONOMIE MODERNE.
TOME TROISIEME.

HISTOIRE

DE

L'ASTRONOMIE MODERNE.

TOME TROISIEME.

HISTOIRE
DE
L'ASTRONOMIE MODERNE
DEPUIS LA FONDATION
DE L'ÉCOLE D'ALEXANDRIE,
JUSQU'À L'ÉPOQUE DE M. D. CC. LXXXII.

Par M. BAILLY, Garde honoraire des Tableaux du Roi, de l'Académie
Françoise, de l'Académie royale des Inscriptions & Belles-Lettres,
& de celle des Sciences, de l'Institut de Bologne, des Académies
de Stockolm, de Harlem & de Padouë, & de la Société des Antiquités
de Cassel.

NOUVELLE ÉDITION.

*Magni animi res fuit rerum natura latebras dimovere, nec contentum
exteriori ejus conspectu introspicere, & in Deorum secreta descendere.*
Seneca, Quæst. nat. Lib. VI, c. 5.

TOME TROISIEME.



A PARIS,

Chez DE BURE, Quai des Augustins, près la rue Pavée.

M. D. CC. LXXXV.

AVEC APPROBATION ET PRIVILÈGE DU ROI.

HISTOIRE
DE
L'ASTRONOMIE MODERNE
DEPUIS LA FONDATION
DE L'ÉCOLE D'ALEXANDRIE.

JUSQU'À L'ÉPOQUE DE M. D. CC. LXXVII.
Par M. BAILLY, Garde honoraire des Tableaux du Roi, de l'Académie
françoise, de l'Académie royale des Inscriptions & Belles-Lettres,
& de celle des Sciences, de l'Institut de Bologne, des Académies
de Stockholm, de Marbourg & de Pétersbourg, & de la Société des Amis
de la Patrie.

NOUVELLE ÉDITION.



TOME TROISIÈME.

A PARIS.

Chez de Bure, Quai des Augustins, près le Pavé.

M. D. CC. LXXX.



HISTOIRE

DE

L'ASTRONOMIE MODERNE.

DISCOURS PREMIER.

Des nouveaux Progrès de l'Astronomie.

LE siècle dernier fut fertile en grandes découvertes ; tout étoit neuf dans l'étude de la nature , & le spectacle & les moyens. Un système , celui de Copernic , ou nouveau , ou du moins récemment adopté , puisqu'il cessoit à peine d'être combattu , servoit de guide à toutes les recherches ; la vue prolongée par le télescope , les espaces rapprochés , un nombre de corps longtems inconnus & rendus visibles , aggrandissoient le domaine de l'Astronomie ; les instrumens perfectionnés permettoient des mesures plus exactes & des connoissances plus vraies ; une géométrie sublime , créée par l'intelligence

humaine, donnant plus de profondeur au calcul, avoit étendu le regard de la pensée, comme le télescope avoit multiplié la puissance de la vue. C'est avec ces nouveaux sens & le génie de Newton, de Galilée, de Cassini & de Halley, que le ciel rapproché de nous, les mouvemens longtems mal mesurés, les phénomènes mal vus & plus mal expliqués, furent soumis à une revue générale & à une inspection attentive. La découverte du principe mécanique des mouvemens célestes, la connoissance de la loi primordiale fournit une nouvelle manière de considérer les phénomènes. On vit ce qui doit être dans ce qui est, on put suivre la marche simple & uniforme des causes dans la complication souvent bizarre des effets. Newton saisit l'ensemble des faits de la nature; il a tout lié dans ses méditations, comme elle dans ses œuvres. Alors chaque pas du génie étoit marqué par l'acquisition d'une vérité; vérité qui étoit grande & intéressante, parce qu'elle étoit générale, & en même tems sensible, parce qu'elle étoit une des premières conséquences des phénomènes. L'immortel ouvrage du Philosophe est devenu la base des connoissances humaines. Voilà le tableau que nous avons tracé.

Cependant de nouveaux progrès peuvent intéresser la curiosité, & demandent à être décrits pour compléter notre ouvrage. Nous n'avons point développé la science dans son entier. Cinquante années ont ajouté à sa gloire; nous devons dire ce qu'elle a acquis dans cet intervalle de tems, & ce qui lui manque encore. Les cinquante années écoulées depuis l'époque de 1730, cet intervalle qui nous reste à parcourir a été marqué par un grand nombre de découvertes. Le tems a amené des phénomènes singuliers; on a agité & souvent résolu des questions importantes: en même tems la Géométrie s'est avancée, & a porté avec elle l'Astronomie. Mais les progrès

que l'Astronomie doit à ce puissant secours ne sont pas aussi sensibles que ceux qu'elle a faits seule & sans aide; du moins les moyens du succès sont plus difficiles à décrire. Quand on a voulu suivre la cause primordiale dans tous ses effets, les premières conséquences épuisées, il a fallu descendre aux conséquences plus éloignées. Les difficultés sont devenues plus grandes, la route plus obscure, le succès moins sensible & moins éclatant. Les recherches actuelles sont environnées d'une espèce d'obscurité née de leur profondeur; elles sont semblables à ces opérations exécutées dans le sein de la terre pour l'exploitation des mines. Les travaux commencent à la surface; le voyageur arrêté admire les premières richesses découvertes qui sont sous ses yeux, qui sont éclairées de la lumière du jour; tout le reste est enseveli pour lui. S'il a le courage de descendre avec les travailleurs, cette lumière vive l'abandonne; il ne marche plus qu'à la lueur des flambeaux, qui, dans ces profondeurs, laissent toujours à la nuit quelque chose de son obscurité. Mais si le Géometre, comme le mineur, descend par une route souterraine dans le sein de la nature, l'Historien est le voyageur curieux, qui, sorti de la mine, & rendu à la lumière du jour, raconte ce qu'il a vu. Il dévoile les mystères de la nuit: il annonce qu'à telle vérité on a attaché telle autre vérité; qu'en s'appuyant sur tel principe, le calcul a conduit à telle conséquence; il peint les difficultés, il expose les moyens, quand ils peuvent être saisis. Ainsi la marche de l'esprit humain sera suivie jusqu'à nos jours. On verra jusqu'où nous sommes avancés dans la connoissance des phénomènes, depuis les Cassini & les Halley, & dans la connoissance des causes, en suivant Newton.

Ces travaux sont la gloire de la génération présente. Si nous avons fait l'histoire de tant de grands hommes des siècles passés,

ne devons-nous pas rendre compte des services & des titres de nos contemporains? Il y a sans doute du danger pour l'écrivain, qui entreprend de parler des gens vivans : il doit craindre en lui les préventions personnelles ; il doit craindre dans les autres l'amour propre qui se plaint toujours. Mais fût-il parvenu au point de modération qui fait la justice, au degré d'indifférence où sera un jour la postérité, il ne marche pas moins entre deux écueils, l'abus de la louange qui peut l'avilir, & la critique, même juste, qui blesse infailliblement la vanité. Cependant ces écueils, ces périls ne se rencontrent & ne se multiplient que dans les détails, nous nous proposons d'éviter ces détails ; nous ne saisirons que les grands objets, nous ne décrirons que les pas marqués de la science ; & en nous tenant à la hauteur de ces vues générales, nous pourrons, sans offenser personne, achever ce Tableau de l'Astronomie, & peindre les nouveaux efforts de l'esprit humain.

Un de ces grands objets, le plus digne peut-être de l'admiration de la postérité, est la mesure de la terre. Il est important de connoître la figure & les dimensions du globe. C'est à la Nation Françoisse & à notre Académie des Sciences qu'est due cette connoissance. Le projet & les moyens furent proposés dans l'Académie, ce sont ses membres qui ont achevé l'entreprise, ils se sont dévoués à la fatigue, aux dangers, & Louis XV n'a point regretté cet emploi des dépenses publiques. Newton, qui revela tant de secrets de la Nature, avoit déjà annoncé que la terre n'étoit point sphérique. La pesanteur, diminuée par la force centrifuge, a dû élever l'équateur, tandis que le pôle s'est abaissé. Huighens avoit eu le bonheur de se rencontrer avec Newton ; il avoit vu, comme lui, la terre s'applatir par sa rotation diurne. Mais cette conséquence naissoit d'une théorie, qui étoit encore

regardée comme un système; elle appartenait à un principe occulte, celui de l'attraction, à un principe infiniment difficile à admettre, du moins dans son universalité. Depuis le livre immortel des Principes de la Philosophie naturelle, on voyait bien en général que les astres se mouvoient, comme s'ils étoient attirés l'un par l'autre : les phénomènes des corps célestes avoient, pour ainsi-dire, forcé la croyance; mais on doutait peut-être encore si les petites parties de la matière subissoient la même loi que les grandes masses. D'ailleurs, quand un homme de génie montre une cause, qui a pu produire un effet inconnu, inobservé, on peut douter si la nature ne cache pas une autre cause qui a pu le détruire. Ces vues de l'esprit, ces conséquences d'un principe vraisemblable & reconnu juste dans une infinité de cas, peuvent servir de guides; mais les sciences ne marchent que par les faits & par les déterminations. Ce sont les bons esprits qui doutent, qui résistent pendant quelque tems; & qu'on ne se plaigne point de cette résistance, elle est souvent utile, sans pouvoir jamais nuire. La vérité triomphe des obstacles, & les erreurs, toujours foibles quand elles sont jeunes, sont les seules écartées.

L'applatissment de la terre, cette conséquence de la théorie de la gravité, avoit en effet rencontré de grands obstacles en France. Dominique Cassini, en suivant la méridienne de l'observatoire de Paris jusqu'à Amiens & jusqu'à Perpignan, avoit mesuré sept degrés de la terre. Nous avons dit que ces degrés, qui parurent diminuer (a) en allant du midi vers le nord, indiquoient un applatissment du globe, non au pôle, mais à l'équateur. Ces mesures prolongées vers le nord, donnerent le même résultat. Le Marquis de Poleni avoit proposé en 1729

(a) *Suprà*, Tome II. page 637.

de mesurer les degrés d'un parallèle; celui de Paris fut en effet mesuré, & d'un côté jusqu'à St. Malo, & de l'autre jusqu'à Strasbourg. On tenta aussi d'employer les degrés du grand cercle perpendiculaire à la méridienne. M. de Thury, fils de Jacques Cassini, & troisième du nom, imagina de mesurer l'écartement de ce grand cercle avec le parallèle; tous les cercles fictifs que nous imaginons sur le globe, leurs écarts mutuels, comme leurs contours, dépendent de sa figure.

On sent que si l'on presse sur un globe pour l'applatir par les pôles, en enflant l'équateur, on aggrandit aussi la dimension de toutes les parties intermédiaires; mais pour que le globe soit alongé, il a fallu que la matière se soit resserrée en s'élevant vers les pôles, & les dimensions des cercles ont dû être rétrécies.

Toutes ces espèces de mesures, pourvu qu'elles donnassent des différences sensibles, pouvoient éclaircir la question; elles conclurent toutes pour la terre alongée. Nous disons avec franchise les erreurs des François, ils ont assez de titres de gloire; mais nous devons faire observer leur impartialité, & leur estime des travaux étrangers. Le résultat de leurs propres travaux faisoit la terre oblongue. Il eût été naturel, après tant d'observations, de le croire exact & vrai; & si l'Académie doutoit encore, c'étoit la preuve de son admiration pour Newton, & de l'ascendant irrésistible du génie. L'honneur que la France faisoit à Newton, de préférer son témoignage à des faits, qui sembloient des vérités d'observation, n'empêchoit point qu'on ne revînt sur les principes qui avoient conduit Newton dans cette détermination hardie, & qu'on n'interrogât de nouveau cette théorie qui osoit contredire les faits. Sans doute la France étoit sage, en même tems qu'elle étoit

juste; Newton avoit pour lui un grand fait de la nature, l'accourcissement du pendule observé dans la zone torride. La force centrifuge qui produit cet accourcissement, a dû élever les eaux & même les terres dans ces régions du monde; toute force agissante a des effets nécessaires (a).

Les Géometres François commençoient à adopter les idées de Newton; ils se faisoient de ses principes & de ses méthodes; & ayant le courage de le suivre dans la carrière qu'il s'étoit ouverte, ils se montroient dignes de lui succéder dans l'explication des phénomènes de la nature. Le Chevalier de Louville nous paroît être le premier Astronôme François, qui, conformément aux idées de Newton, ait considéré le mouvement elliptique des corps célestes, comme produit par deux forces, l'une de projection, l'autre centralé, qu'il assimile à la pesanteur (b). Nous avons dû remarquer ces premiers pas de Newton dans l'Astronomie française. M. de Maupertuis nous paroît être également le premier de nos Géometres, qui ait employé le principe de l'attraction (c). Mais il ne la considéra d'abord que par rapport à ses effets calculables; il l'admet comme Géometre, & non comme Physicien. Il remarque d'abord que de toutes les loix d'attraction, qui auroient pu être imposées à la matière, la raison inverse du carré des distances est la seule qui ait lieu en même tems à une certaine distance pour les sphères & pour leurs parties; & cela lui donne lieu de faire une réflexion singulière. » En supposant, dit-il, que Dieu eût voulu établir » dans la nature quelques loix d'attraction, toutes ces loix » ne devoient pas lui paroître égales. Les seuls corps autour » desquels l'attraction, quelle qu'elle fût, pouvoit se faire

(a) *Suprà*, Tome II, pages 512 & 640.

(b) *Mém. Ac. des Sciences*, 1720, p. 35.

(c) *Ibid.* 1732, p. 343.

» également de tous côtés , étoient les corps sphériques ; &
» le seul point de ces corps auquel on doit rapporter les
» distances , est le centre. Si donc on suppose que Dieu ait
» voulu que quelque corps conservât la même propriété , qui
» devoit être répandue dans la matière , d'attirer de tous
» côtés également les corps , suivant la même proportion ;
» il falloit que l'attraction des parties de la matière suivît
» une loi telle que les corps sphériques , qui en feroient formés ,
» la suivissent encore. Cette uniformité pouvoit être une
» raison de préférence pour la loi où elle se trouvoit , & alors
» tous les systêmes possibles d'attraction n'étoient plus égaux.
» La raison métaphysique de préférence une fois posée , la
» nécessité mathématique excluait d'abord une infinité de
» systêmes dans lesquels l'accord de la même loi dans les
» parties & dans le tout ne pouvoit avoir lieu (a) ». Nous
avons cité ce passage comme un reste assez marqué de la philosophie du dernier siècle , où l'on s'occupoit tant des causes finales. Il est bien question de la raison métaphysique de préférence ; est-ce à nous de déterminer l'ordre des idées de l'Être suprême ? Dans la nature , nous ne connoissons que les faits , qui sont des actes de sa volonté. M. de Maupertuis se montra plus dignement , en résolvant la question de la figure de la terre : M. Bouguer tenta de son côté le même effort. Tous deux s'étant saisis des principes physiques , qui appartiennent à cette recherche , & de la sublime géométrie que Newton avoit enseignée , chercherent ses résultats pour les confirmer ou pour les contredire. Nous avons dit que Huyghens avoit déterminé la figure de la terre & son aplatissement , en supposant que la pesanteur primitive avoit été dirigée au

(a) Mém. Acad. des Scien. 1732 , p. 347.

centre, tandis que la pesanteur altérée par la force centrifuge, est dirigée perpendiculairement à la surface. Lorsque la terre étoit ronde & sphérique, la pesanteur dirigée au centre, faisoit tomber partout les corps perpendiculairement à la surface; mais lorsque le globe a tourné sur lui-même, & que la pesanteur a été altérée tant dans sa quantité que dans sa direction, par la force centrifuge, si nous voyons encore les graves tomber perpendiculairement à la surface de la terre, c'est que cette surface a changé & s'est inclinée pour leur conserver cette direction; c'est que des parties du globe se sont élevées, tandis que d'autres se sont abaissées. L'altération de la pesanteur, le changement de sa direction pouvoient donc indiquer la figure du globe; & en effet Huyghens détermina son applatissement de la 578^e partie du demi-diamètre de l'équateur. Newton, parti d'un principe plus général, ne supposa que l'attraction universelle, la tendance réciproque de toutes les parties du globe les unes vers les autres, le poids égal des colonnes aboutissantes au centre, qui doit être partout le même pour produire l'équilibre & la solidité; il considéra la pesanteur diminuée sur-tout à l'équateur par la force centrifuge; & il conçut que ces régions avoient dû s'élever pour entretenir l'équilibre, & pour compenser par la hauteur des colonnes ce que ces colonnes y perdent de leur poids. Ce principe lui donna l'applatissement de la terre de la 230^e partie du demi-diamètre de l'équateur; c'est-à-dire, un applatissement plus que double de celui de Huyghens (a). Il falloit donc prononcer entre ces deux grands Géomètres; & pour les juger, il falloit entendre leurs raisons, c'est-à-dire, refaire leurs calculs, & résoudre de nouveau le problème. M. Bouguer & M. de Maupertuis reprirent la

(a) *Suprà*, Tome. II. p. 515.

question ; ils chercherent les deux équations qui donnent la figure de la terre dans le principe d'Huyghens & dans celui de Newton. Ces deux équations sont assez différentes ; on ne peut les rendre identiques que pour un petit nombre de cas ; d'où il résulte que dans différentes hypothèses de pesanteur , les deux principes sont opposés & se contredisent. La conséquence seroit une instabilité de figure , & un mouvement continuel des parties du globe. Car on conçoit que s'il y avoit des loix de la nature qui fussent en contradiction , la matière également assujettie à ces loix , seroit dans un balancement perpétuel , elle s'éloigneroit sans cesse de l'une , pour obéir à l'autre , & toujours agitée , jamais en repos reviendrait d'un écart à un autre dans les limites de la contradiction des deux principes. Mais la nature n'admet point ce désordre , elle n'a point de loix opposées qui aient chacune leur effet entier. Lorsque deux de ces loix se contredisent , elles se balancent , se détruisent en tout ou en partie , & de leur résultat il en naît une troisième qui est la vraie loi agissante.

Le travail de M. Bouguer & de M. de Maupertuis apprit que l'équilibre ne pouvoit avoir lieu que dans un globe dont la figure seroit déterminée par l'accord des deux principes de Huyghens & de Newton. M. de Maupertuis remarqua que si la pesanteur est une force qui appartienne au globe entier considéré comme masse , l'applatissment est d'un 57^6 , tel que Huyghens l'a déterminé ; mais si cette force naît de l'attraction des parties qui pèsent les unes vers les autres , en sorte qu'une molécule quelconque tende à la fois vers tous les points du globe , l'applatissment est d'un 230^6 , comme Newton l'a trouvé. Ces deux hypothèses reviennent à peu près au même. Toutes les tendances qu'une molécule a vers tous les points du globe , se composent de manière qu'il en résulte une tendance

vers le centre, ou tout près du centre. Mais ces deux hypothèses ont, comme on le voit, des différences par où elles peuvent être distinguées. Lorsque la terre sera mesurée, lorsque l'observation aura fait connoître la quantité de son applatissement, on pourra prononcer entre Huyghens & Newton; & suivant que cette quantité s'approchera d'un 576^e , ou d'un 230^e , on saura si l'attraction est une force attachée à la masse, ou, ce qui est plus physique & plus vraisemblable, si elle est une force universelle & répandue dans les plus petites portions de la matière.

Toutes ces réflexions, qui produisoient des méthodes ingénieuses, toutes les tentatives des observations qu'on pouvoit faire en France & dans nos observatoires, ne valoient pas les mesures locales faites à l'équateur & au pôle même; c'étoit là qu'il falloit mesurer les degrés, & constater sur le lieu même leur inégalité. M. de la Condamine, né ardent & curieux, doué de ce mouvement de l'esprit qui met sur la voie des découvertes, dans une des assemblées de l'Académie de Paris, où on discutoit cette grande question, devenue si difficile par la contradiction des faits, proposa en 1733 de lever toutes les difficultés, en envoyant des Académiciens déterminer un degré du méridien vers l'équateur, & répéter dans la zone torride les mesures qui avoient été faites en France, afin de les comparer ensemble (a). Il s'offrit lui-même pour ce voyage.

(a) M. de la Lande, Astron. Tome III. p. 108. M. Bouguer dit que ce fut M. Godin; (fig. de la terre, p. IV.). M. de Fouchy lui rend le même témoignage. Il est certain que M. Godin lut à l'Académie un Mémoire sur cette matière en 1734. M. de Mairan dit, Hist. de l'Acad. pour 1742, p. 96: « je dois ce témoignage à M. Godin, qu'ayant lu avec lui le Mémoire de M. Bradley sur l'aberration des fixes, donné à la Société

» royale en 1728, il en tira de grandes
» conséquences contre les anciennes obser-
» vations qui favorisoient l'allongement de
» la terre, quelque exactes qu'elles pussent
» être d'ailleurs, & qu'il résolut dès-lors
» & s'offrit bientôt d'aller mesurer les de-
» grés terrestres sous l'équateur même ».
M. Godin a eu la même idée que M. de la Condamine. Ce dernier a de plus l'honneur de la proposition. Il est des tems

Le desir de connoître le dévoroit, sa louable curiosité le rendoit infatigable. M. de Maurepas, alors Ministre, & à qui le tems réservoir une destinée encore plus brillante & plus heureuse, montra au feu Roi l'utilité de cette entreprise. M. Godin, M. de la Condamine & M. de Fouchy furent chargés de l'exécuter. La santé foible de ce dernier ne lui permit pourtant pas de s'y dévouer. Il faut, pour affronter le changement des climats & les courses pénibles, que la force du corps réponde au courage de l'esprit. On lui substitua M. Bouguer, Hydrographe du Roi au Havre, qui jouissoit déjà d'une assez grande réputation. Il reçut presque en même tems trois distinctions flatteuses. Il fut adopté par l'Académie, placé bientôt au rang de pensionnaire, où on n'arrive ordinairement que par l'ancienneté; enfin il fut chargé de cette commission aussi difficile qu'honorable, & dont les travaux exigeoient l'esprit des détails, le génie des expériences que M. Bouguer possédoit dans un degré supérieur. L'Académie désigna, dans l'Amérique méridionale, les riches contrées du Pérou, où l'on devoit aller chercher une connoissance plus précieuse que l'or qu'elles ont répandu dans l'Europe; & les trois Académiciens partirent au mois de Mai 1735.

On sent bien que pour compléter cette entreprise & ce travail, il auroit fallu se transporter au pôle & faire des observations correspondantes à celles de l'équateur. Les unes & les autres auroient montré les limites de l'inégalité des degrés. Mais le pôle de la terre se cache & se refuse à nos mesures; il repousse par des glaces la curiosité des hommes. M. de

où les mêmes idées germent dans plusieurs têtes. Celle-ci en particulier est très naturelle. On pourroit dire que Jacques Cassini les avoit précédés tous deux. Il

sentit, dès 1713, la nécessité de mesurer les degrés à l'équateur & au pôle. (Histoire de l'Astronomie moderne, Tome II, p. 641).

Maupertuis , Philosophe & Géometre , M. de Maupertuis , qui avoit déjà travaillé à résoudre cette question , engagé par ces essais à de nouvelles tentatives , représenta à M. de Maurepas la nécessité d'un voyage vers ce pôle aussi désiré qu'il est inaccessible. Sans tenter de l'atteindre , on pouvoit du moins s'avancer au nord autant que la nature des lieux pourroit le permettre , autant que la nature des hommes pourroit le souffrir. Le voyage fut décidé , & l'Académie choisit M. de Maupertuis , auteur du projet , & rempli de l'activité propre à le faire réussir ; M. Clairaut dont la jeunesse avoit fait concevoir les espérances qu'il a réalisées ; M. le Monnier , Astronôme déjà distingué , & qui devoit l'être un jour davantage ; enfin M. le Camus , Géometre & très-versé dans la connoissance des mécaniques & des instrumens. Ces sortes de travaux demandent le concours des talens & des ressources. Il faut que nous quitions nos villes , le centre de nos forces & de notre puissance , pour nous transporter dans des déserts où la nature est sauvage & pauvre , le sol aride & dépeuplé , & où livré à l'inclemence d'un climat rude & étranger , l'homme est seul , réduit à lui-même & à son industrie. L'abbé Outhier , Astronôme , correspondant de l'Académie , fut associé aux quatre Académiciens , & cette seconde troupe alla braver les froids du nord , comme la première s'étoit dévouée aux ardeurs de la zone brûlante.

Cependant cette entreprise , cette mesure septentrionale , commencée plus tard , fut plutôt achevée ; & c'est la première dont nous devons rendre compte. Les Académiciens assurés de la protection du Roi de Suede , se rendirent à Stockolm , où M. Celsius , professeur d'Astronomie à Upsal , se joignit à eux. La Suede , & la Laponie qui en dépend , sont la partie la plus septentrionale de l'Europe. Comme le golfe de Bothnie s'étend du nord au sud , & que ses côtes sont parsemées

d'îles assez proches les unes des autres, on avoit projeté d'employer ces points remarquables de la mer pour former des triangles, tandis qu'on auroit mesuré sur le rivage une base, pour en déterminer les distances. Le transport des instrumens & les voyages se feroient faits sur des barques avec moins de fatigue & d'embarras. Mais ces îles dénuées de hauteurs, étoient presque toutes à fleur d'eau ; elles ne pouvoient s'apercevoir d'une assez grande distance ; elles se cachotent les unes les autres, ou bien elles n'étoient point rangées comme il eût fallu, pour suivre un méridien. On fut forcé de renoncer à ce projet. On se rendit à Torneo, ville située au fond du golfe de Bothnie & touchant au cercle polaire. C'étoit là & au nord de cette ville qu'on se proposoit de chercher un local propre à la mesure du degré. Mais en s'avancant vers le nord, en s'éloignant de cette ville qui est la dernière de la Suede, on s'éloignoit des lieux habités par des hommes, on ne devoit plus rencontrer que des difficultés, des déserts & des Lapons, qui sont une espèce dégénérée & presque sauvage. Il n'y avoit que deux manières de pénétrer dans ce pays, l'une en naviguant sur un fleuve rempli de cataractes, l'autre en traversant à pied des forêts épaisses & des marais profonds. Il falloit séjourner dans ces contrées presque solitaires, s'y contenter de mauvais alimens, s'y défendre contre une légion de mouches cruelles, qui pendant l'été forcent les Lapons même de remonter au nord, & de chercher au bord de la mer glaciale un asile contre ces tyrans de leurs déserts. Il falloit gravir des montagnes escarpées où l'on devoit placer des signaux, dépouiller ces montagnes des forêts qui couvrent leur sommet & en dérober la vue ; & sur ces sommets ainsi dépouillés, établir des observatoires, y porter des instrumens pesans, & faire des observations délicates qui sont difficiles partout, même dans les

observatoires les plus commodes ; & , comme le remarque M. de Maupertuis , il falloit entreprendre tout cela , sans savoir si l'exécution étoit possible , sans pouvoir s'en informer à personne (a). Un obstacle pouvoit faire perdre une année de soins. Mais le même courage qui fait entreprendre est celui qui fait réussir. Il étoit important de se porter le plus loin possible au nord. Les Académiciens ne vouloient pas redescendre dans les provinces méridionales de la Suede , ils étoient jaloux de passer le cercle polaire , & de choisir le climat qu'il traverse pour le lieu de leur opération. Le courage & l'industrie trouverent des facilités qu'on n'espéroit pas. Cette entreprise commencée au hasard , par essai , & presque sans espérance de succès , un séjour de 63 jours dans les déserts suffit pour l'achever. Les montagnes se trouverent placées comme si on en avoit été le maître , & qu'on les eût espacées & placées à volonté. Les triangles formoient un long eptagone dont la montagne de Kittis au nord , & l'église de Torneo au midi , faisoient les deux extrémités. Une montagne plus haute , nommée Horrilakero , occupoit le centre , & le fleuve Torneo servoit pour les communications ; non pas pour des communications tranquilles , sans dangers , comme celles que nous offrent les rivières dans nos zones tempérées. Là on navigue sur des barques construites de planches de sapin , minces & flexibles. On n'y fait pas un long trajet sans rencontrer des cataractes où l'eau se précipite avec un bruit terrible. Ces barques se défendent par leur flexibilité contre les pierres qui se trouvent dans ces fleuves , & qu'elles viennent heurter avec toute la rapidité du torrent. Mais , dit M. de Maupertuis , » c'est un spectacle effrayant , de voir cette frêle machine

(a) Figure de la terre , p. 12.

» roulant à travers les vagues , l'écume & les pierres , tantôt
 » élevée dans l'air , & tantôt perdue dans les flots. Un Finois
 » intrépide la gouverne avec un large aviron , pendant que
 » deux autres forcent de rame pour la dérober aux flots qui
 » la poursuivent , & sont toujours prêts à l'inonder. La quille
 » alors est souvent toute en l'air , & n'est appuyée que par
 » une de ses extrémités sur une vague qui lui manque à tout
 » moment (a) ». Ce sont là les commodités du pays. Les Aca-
 démiciens pouvoient risquer leur vie & leur santé ; mais ils se
 trouvoient heureux d'épargner le tems.

Ils ne négligèrent point de profiter d'un moyen unique de
 précision , & d'une ressource que la nature de ce climat leur
 réservoir ; c'étoit dans la mesure de la base. Les bases établies
 sur la terre sont assujetties à ses inégalités ; il faut des réduc-
 tions pour en ramener la longueur à un plan de niveau. La
 surface des eaux offre un plan qui est parfaitement de niveau ;
 on résolut d'y établir la base & de la mesurer lorsque le fleuve
 seroit glacé. Cette base , la plus unie , fut encore la plus lon-
 gue qui eût été mesurée ; elle étoit de 7407 toises. Mais pour
 cette opération , il falloit attendre l'hiver qui est effroyable dans
 ces contrées. Le soleil se leve à peine vers midi , les crépuscules
 toujours longs , les neiges de la surface de la terre , les feux du
 ciel , c'est-à-dire , les aurores boréales , donnent assez de lumière
 pour travailler chaque jour pendant quatre ou cinq heures.
 Mais si l'on veut avoir une idée de ce travail , il faut se repré-
 senter des habitans de la zone tempérée , marchant sur le fleuve
 dans une poussière de neige haute de deux pieds , chargés de
 perches pesantes qu'il falloit continuellement poser sur la neige
 & relever. Le froid qui nous parut énorme à Paris en 1709 &

(a) Figure de la terre , p. 17.

1776, ne fit pas descendre la liqueur du Thermomètre de Reaumur au-dessous de 15° ; elle descendit alors à Torneo à 37° (a). C'est par ce froid excessif que les Académiciens mesuroient leur base, avec la glace & l'abîme sous leurs pieds.

» Le froid gela les doigts de quelques-uns d'eux, & menaçoit
 » à tout moment d'accidens plus grands encore. L'eau de vie
 » étoit la seule liqueur qu'on pût tenir assez liquide pour la
 » boire; mais la langue & les levres se geloient, s'attachoient
 » à la tasse, & ne s'en arrachotent que sanglantes. Le corps
 » suoit par le travail, tandis que ses extrémités étoient gla-
 » cées. L'eau de vie n'étanchoit pas la soif, il fallut creuser
 » dans la glace des puits profonds, qui étoient presque aussi-
 » tôt refermés, & d'où l'eau pouvoit à peine parvenir liquide
 » à la bouche; & il falloit s'exposer au dangereux contraste
 » que pouvoit causer dans des corps échauffés cette eau aussi
 » froide que la glace même ». Voilà l'avantage de l'espèce
 humaine; elle peut se plier à la température, & en supporter
 les excès dans certaines limites. C'est par cette flexibilité de
 sa constitution & par le courage du génie, que l'homme com-
 mande sur la terre. Rien ne résiste à sa force combinée avec
 son industrie. La nature n'a point de profondeurs, d'obstacles,
 de dangers qui l'étonnent; il vit presque partout, & partout
 où il peut vivre, il ne lui faut que du tems pour se rendre le
 maître.

La mesure des triangles étant achevée, on s'occupa des observations célestes, qui se firent à Kittis & à Torneo, où se terminoient ces triangles. On employa un secteur de 9 pieds de rayon, exécuté sous les yeux de M. Graham, qui lui-même en avoit divisé la limbe (b). L'arc mesuré du méridien se trouva

(a) Maupertuis, Fig. de la terre, p. 58.

(b) *Ibid.* p. 38.

de $57' 28\frac{3}{4}$, qui répondoit à une longueur terrestre de $55023\frac{1}{2}$ toises; d'où on conclut que le degré du méridien, qui coupe le cercle polaire, ou bien le 76° en allant de l'équateur vers le pôle, est de 57438 toises, qui surpasse de 378 toises celui que Picart a déterminé entre Paris & Amiens, c'est-à-dire, au 50° degré de latitude. Cette différence considérable, qui ne pouvoit être produite par aucune des erreurs possibles dans les observations tant célestes que terrestres (a), démontroit que le globe étoit applati vers ses pôles, comme Newton l'avoit annoncé; & à plus forte raison détruisoit le soupçon d'un alongement vers ces mêmes pôles, qui sembloit résulter des mesures faites en France. Si la terre eût été réellement alongée, si l'hypothèse établie sur ces mesures par Jacques Cassini, eût été exacte, le degré mesuré au cercle polaire, auroit été trouvé plus petit d'environ 950 toises. C'est ainsi que fut terminée cette grande entreprise, qui donna la première solution du problème de la figure de la terre.

MM. Godin, de la Condamine & Bouguer, partis pour la zone torride, se rendirent au Pérou, où le Roi d'Espagne avoit donné les ordres nécessaires à la facilité de leurs opérations, & où ils trouverent deux officiers de la marine espagnole, don Georges Juan, & don Antoine de Ulloa (b), nommés par le Roi pour assister au travail des Académiciens François, & pour lui en rendre compte. Les Académiciens

(a) M. de Maupertuis, pour évaluer les erreurs possibles, a supposé que dans leurs triangles on s'étoit toujours trompé de $20''$ sur la mesure des deux premiers angles, & de $40''$ sur celle du troisième, que toutes ces erreurs étoient dans le même sens, & tendoient toujours à diminuer la longueur de l'arc; le calcul fait d'après cette étrange supposition, il ne se trouve que $54\frac{1}{2}$ toises pour

l'erreur qu'elle pourroit causer, *Fig. de la terre*, p. 66. Voilà pour les mesures géodésiques. Quant aux célestes, elles ne peuvent pas être en erreur de plus de $2''$. *Ibid.* p. 124. Deux secondes répondent à trente-deux toises.

(b) Don Georges Juan est mort depuis quelques années, & Don Antoine de Ulloa est vivant.

s'établirent à Quito, presque sous l'équateur, & choisirent pour leur opération une longue vallée où se trouve cette ville, & qui s'étend entre deux chaînes de montagnes, les plus hautes peut-être de celles qui dominent sur le globe (a). Cette vallée va du nord au sud, & à peu près dans le sens du méridien. Les montagnes qui la bordent sembloient offrir de grandes facilités pour y établir des signaux; mais le sommet de ces montagnes est le plus souvent inaccessible, à cause de leur hauteur. Elles s'élèvent trop dans l'atmosphère; elles ont leur tête dans cette région froide de l'air, où les frimats regnent pendant toute l'année, malgré les feux d'un soleil toujours à plomb. Un petit nombre de nos montagnes d'Europe ont leurs sommets sans cesse blanchis par la neige. Là non seulement le sommet en est couvert, mais cette neige descend & subsiste sur quelques-unes huit cent toises au-dessous (b). Tandis que le sommet est inaccessible par la neige glacée, les ravines, les précipices, la roideur de la côte en rendent la montée dangereuse & pénible; le trajet le plus court demande souvent beaucoup de tems, parce que les communications sont difficiles. Ces contrées montueuses, & comme isolées dans l'atmosphère, sont exposées aux ravages des ouragans, elles sont le séjour des brouillards & des nuages. Les observateurs y étoient souvent plongés des mois entiers,

(a) Ces montagnes sont nommées dans le pays *les Andes*, nous les désignons par le nom de *Cordillères*.

(b) La montagne de Chimborazo est élevée de 3217 toises au-dessus du niveau de la mer. C'est la plus haute des montagnes connues du globe. La neige commence à 2440 toises, & la couvre jusqu'à son sommet; & comme les nuages les plus légers s'élèvent, selon M. Bouguer, 1000 ou

1200 toises au-dessus, il s'ensuit que s'il y avoit des montagnes assez hautes, on les verroit couvertes de neige depuis 2440 toises jusqu'à 4400 toises d'élévation. Ensuite leur sommet seroit nu, non par la cessation du froid qui augmente toujours en s'élevant dans l'atmosphère, mais parce que les vapeurs de la terre ne s'y élèveroient pas pour se former & retomber en neige. *Bouguer, Fig. de la terre. p. 4.*

attendant sur ces hauteurs que la chute des brouillards leur rendît la vue de la terre & des objets environnans. Souvent alors les signaux placés sur d'autres montagnes , n'existoient plus , tantôt renversés par le vent , tantôt volés par les Indiens. Il falloit alors les replacer avec une nouvelle fatigue , de nouveaux dangers , & une nouvelle perte de tems. Dans la zone torride , on n'imagine que l'excès de la chaleur , on croit ne braver que les feux du soleil : mais la nature conserve dans ces montagnes un froid égal à celui des pôles ; toutes les saisons de l'année y regnent à la fois , depuis l'été brûlant jusqu'à l'hiver le plus rude. M. de la Condamine cherchant à monter sur la bouche du volcan de Pichincha , surpris seul par la nuit , perdu dans les bois qui couronnoient la montagne , & à la hauteur où on commence à voir tomber une pluie aussi froide que la neige qui tombe un peu plus haut , pensa y périr : il sentoît ses pieds se glacer , lorsque le jour long - tems attendu commença à paroître ; ses habits , son chapeau , ses cheveux étoient roides de glace & hérissés de frimats. Il étoit tems que la lumière du jour vînt lui montrer son chemin , & lui permettre de descendre pour faire allumer du feu , pour trouver même un climat plus doux , & pour échapper au danger de périr de froid , danger difficile à prévoir sur un volcan (a). Ce sont ces dangers & ces fatigues qui ont éprouvé le zèle des Académiciens François ; ce sont ces difficultés réunies & rencontrées à chaque pas , qui ont retardé le succès de leur entreprise. La mesure du degré au cercle polaire avoit été achevée en moins d'un an ; celle de la zone torride le fut à peine en huit ans. M. Bouguer ne revint en France qu'après cet intervalle de tems , & même M. de la Condamine , qui prit une

(a) La Condamine, Voyage à l'équateur , Introd. p. 130.

route plus longue & plus difficile , ne fut de retour que neuf ans & demi après son départ.

Les instructions données par l'Academie, & les ordres du Roi portoient que les Académiciens mesureroient les degrés de l'équateur en même tems que ceux du méridien. Ces mesures, également exactes, auroient pu seules déterminer la figure de la terre. Si la terre est sphérique , ces différens degrés seront égaux entr'eux ; mais les degrés du méridien seront plus petits , si la terre est aplatie , & plus grands , si elle est alongée.

La mesure d'un arc de l'équateur n'est pas aussi favorable que celle d'un arc du méridien ; si tout est égal pour les opérations terrestres & géodésiques , il n'en est pas de même des observations astronomiques par lesquelles on détermine la grandeur de l'arc céleste. Quand on opere dans le méridien , on cherche la différence de latitude (*a*) ; les latitudes sont observées avec des quarts de cercle, & ces instrumens , lorsqu'ils ont une grandeur suffisante, peuvent donner une précision d'environ deux secondes, qui répondent à 32 toises sur la terre. Dans l'équateur & dans les parallèles , on ne connoît la différence de longitude des lieux que par le tems , par la différence des heures que l'on y compte au même instant ; mais chaque seconde de tems répond à 15 secondes de degré en longitude, & si on se trompe de deux secondes de tems, l'erreur est quinze fois plus grande par une mesure que par l'autre. En conséquence des réflexions ultérieures de l'Académie , & sur un mémoire de M. Clairaut (*b*), M. le Comte de Maurepas se détermina à mander aux Académiciens de se borner à mesurer les degrés du méridien. Il y avoit déjà entr'eux quelque division sur cet

(*a*) *Suprà* , Tome II. p. 346.

(*b*) La Condamine, *Voy. à l'Éq.* Intro. p. 43.

article; M. Bouguer avoit envoyé en France un mémoire où il montre que la mesure de deux degrés de l'équateur est assujettie à une erreur d'un deux cent quarantième, & où il établit par conséquent que cette mesure est inutile (a). M. de la Condamine soutenoit au contraire qu'en mesurant trois degrés de longitude, comme on pouvoit le faire au Pérou, & en se servant de la méthode des feux (b), il étoit possible de ne commettre qu'une erreur d'un quatorze centième; erreur à peu près égale à celle qu'on peut craindre dans la mesure des arcs du méridien. Il est certain que cette dernière mesure paroîtra toujours préférable; la mesure des degrés de l'équateur n'eût pas valu la peine du voyage. Mais les Académiciens étoient sur le lieu même, ils avoient l'occasion de mesurer quelques degrés du cercle, sans doute le plus régulier du globe; ils pouvoient ajouter cette mesure à celle du méridien, & joindre, pour déterminer la figure de la terre, ce nouveau résultat à ceux que l'on tire de la comparaison des différens degrés du méridien. Quoi qu'il en soit de cette question, elle fut décidée par les ordres du Roi. On n'avoit encore rien fait pour la mesure de l'équateur (c); il n'y eut point de tems perdu, & celle du méridien fut suivie avec constance.

(a) Mém. de l'Acad. des Sciences, 1736, p. 458.

(b) Pour connoître la différence des tems comptés au même instant dans deux différens lieux, il faut un signal qui soit également apperçu dans tous les deux, & qui avertisse les observateurs de marquer cet instant à leur pendule. Si ce signal est donné par un phénomène du ciel, il y a toujours de légères causes d'incertitude & d'erreur, qui peuvent être négligées, lorsqu'il s'agit de déterminer une assez grande distance; mais la méthode ne peut plus être employée lorsque la distance est petite, l'erreur seroit

dans une trop grande proportion avec elle. Un feu allumé subitement sur une montagne, visible à la fois dans les deux lieux, n'a pas les mêmes inconvéniens. C'est un signal instantané; l'instant de son apparition peut être exactement marqué dans les deux observatoires, & il n'y a plus de source d'erreur; que celle qu'on peut avoir commise en réglant la pendule. Cette erreur est toujours très-petite; & d'ailleurs elle est commune à toutes les méthodes où l'on emploie le tems & les horloges.

(c) La Condamine, Voyage à l'équateur, Introd. pag. 41 & 42.

Cette mesure fut étendue à plus de trois degrés dans la longue vallée que les Cordilières renferment dans leur sein, & qui s'étend du midi au nord, bordée des deux côtés par les deux chaînes de ces montagnes ; les Académiciens mesurèrent dans la suite de leurs triangles une longueur de 176950 toises, c'est-à-dire, de plus de 75 lieues. Les observations astronomiques faites à Cotchesqui (a) & à Tarqui, aux deux extrémités de cette distance terrestre, donnerent l'amplitude de l'arc céleste de $3^{\circ} 7' 1''$, qui répondoit sur la terre à 176950 toises ; d'où on conclut la longueur du degré de 56775 toises. Mais ce degré est mesuré sur un sol beaucoup plus élevé que le nôtre ; c'est comme s'il appartenoit à un globe d'un plus grand rayon. Pour comparer ces degrés mesurés en différens lieux & à différentes élévations, il faut les ramener tous à une élévation commune, à une même distance du centre de la terre ; cette distance, ce niveau est donné par la nature à la surface des mers. On est donc convenu de réduire toutes ces mesures à ce qu'elles seroient, si elles avoient été prises au bord de la mer : le degré du Pérou ainsi réduit, se trouve de 56753 toises (b) ; ce résultat, le fruit du travail de trois habiles Académiciens pendant huit années, doit avoir une exactitude proportionnée aux soins employés pour l'obtenir. Quant à la mesure terrestre, les Académiciens, leurs Aides, les Officiers Espagnols s'étoient partagés en deux troupes, qui se suivoient sur les deux chaînes de montagnes, où étoient appuyés les triangles ; ces deux troupes passoient continuellement d'une chaîne à l'autre. Les trois angles de chaque triangle étoient exactement mesurés, ainsi que la hauteur de chaque station, pour

(a) Cotchesqui est presque sous l'équateur, & Tarqui à un peu plus de 3° de latit. mérid.

(b) Bouguer, Fig. de la terre, p. 274.
56750, selon M. de la Condamine. Voy. à l'équat. p. 229.

tout réduire au même niveau ; la base d'où dépend toute l'exactitude des calculs, fut mesurée séparément par chacune des deux troupes, avec des soins particuliers dont il faut voir le détail dans les ouvrages mêmes (a). Quant aux observations astronomiques, elles ont été recommencées plusieurs fois (b), & faites par chacun des trois Académiciens & des deux Officiers Espagnols ; c'est donc une des déterminations les plus exactes qu'on puisse laisser à la postérité. Mais pour donner à cette postérité les moyens de vérifier l'exactitude d'une opération si importante, M. de la Condamine imagina de fixer par des monumens durables les deux points qui terminent la base mesurée ; d'y élever deux pyramides en l'honneur de la Nation Française & des Académiciens, qui avoient exécuté cette grande entreprise. M. de la Condamine éprouva beaucoup de difficultés ; il y eut un procès pardevant l'audience royale de Quito, quoique l'érection de ce monument n'eût été décidée qu'en vertu d'un arrêt de cette audience. Cette érection fut confirmée par un second arrêt ; mais peu de tems après le départ des Académiciens, des ordres furent donnés pour la démolition des pyramides. M. de la Condamine obtint sur ses représentations, un contr'ordre de la Cour d'Espagne ; ce contr'ordre arriva trop tard, les pyramides étoient démolies. Nous ignorons si l'ordre a été exécuté, & si elles ont été réédifiées ; mais les auteurs de la mesure, les Académiciens, n'étoient plus au Pérou pour placer avec l'exactitude nécessaire ces monumens aux deux termes de la base. Le moindre doute suffit pour les dépouiller de leur authenticité : peut-être ne subsistent-ils plus ; mais s'ils ont été relevés, c'est sans utilité pour l'avenir (c).

(a) Bouguer, p. 37.
La Condamine, p. 4.

(b) La Condamine, Introduc. p. 135.

(c) *Id. Ibid.* p. 219.

Avant de parler des résultats de cet important travail , nous devons faire mention de quelques autres fruits du voyage même. L'expérience des horloges , qui retardent très-sensiblement sous l'équateur , l'accourcissement qu'on est obligé de faire à la verge du pendule (a) , prouvent que la pesanteur des corps est moindre à l'équateur qu'elle n'est à Paris , & vers le pôle dans les contrées septentrionales où nous avons pénétré ; à Pello dans la Laponie , ce pendule a été trouvé plus long qu'à Paris de soixante centièmes ou de trois cinquièmes de ligne , & plus long qu'à l'équateur de deux lignes six centièmes (b). Il étoit intéressant d'examiner si cette diminution de la pesanteur est uniquement l'effet de la rotation de la terre , ou de la force centrifuge qui en résulte , & dont les loix sont bien connues. M. Bouguer reconnut par ces longueurs du pendule , que la pesanteur diminue plus en allant du pôle à l'équateur , qu'elle ne devoit le faire à raison de la force centrifuge (c). Il y a donc quelque autre cause qui conspire avec cette force , pour diminuer la pesanteur ; cette cause naît de ce que la terre n'est pas homogène. Nous verrons bientôt que la théorie a conduit M. Clairaut à la même vérité , où M. Bouguer arrive ici par l'expérience.

Ce n'est pas tout ; cette force , abstraction faite de la force centrifuge , ne peut pas être considérée comme constante , même sur notre globe. Lorsque Newton a enseigné que le mouvement des corps célestes étoit produit & réglé par une attraction vers un corps central , que la force de la

(a) *Suprà.*
 (b) Longueur du pendule à Pello 3 pieds 9 lignes , 17.
 Maupertuis , Fig. de la terre , p. 180.
 A Paris 3 pieds. 8 lig. 67.
 Mem. de l'Acad. des scienc. 1735 , p. 153.

Sous l'équateur 3 pieds 7 lig. 07.
 Bouguer Fig. de la terre , p. 338.
 Ces longueurs sont celles qu'auroit le pendule dans le vide.
 (c) Bouguer , Figure de la terre , pag. 347.

terre pour asservir la lune étoit semblable à la pesanteur, qui produit sous nos yeux la chute des corps, il a montré que cette force de l'attraction ou de la pesanteur diminue en raison inverse du carré des distances; mais on avoit été si long tems à distinguer la physique du ciel de celle de la terre, qu'on avoit quelque peine à admettre entr'elles une conformité entière & rigoureuse. On pensoit du moins que nés & fixés à la surface de la terre, nous approchons ou nous nous éloignons si peu de son centre, soit par les excavations permises à nos forces & à notre industrie, soit sur les montagnes que nous offre la nature, qu'un si petit changement de distance à l'égard du centre, ne permettoit pas à la pesanteur de varier sensiblement. Les expériences délicates du pendule ont fourni des moyens qu'on n'espéroit pas. M. Bouguer se voyant dans les Cordilières, à la plus grande hauteur où un homme soit jamais monté, imagina de répéter l'expérience du pendule & de déterminer sa longueur à différentes élévations. A Quito, étant élevé de 1466 toises au-dessus du niveau de la mer, il trouva qu'il falloit accourcir le pendule de 33 centiemes de lignes; c'est une preuve sans réplique qu'en quittant le bord de la mer, & en s'éloignant du centre de 1466 toises de plus, la pesanteur étoit sensiblement diminuée. Mais ce n'est pas tout; étant monté sur le sommet de Pichincha, élevé de 2434 toises au-dessus de la mer, & de 968 toises au-dessus de Quito, il fallut encore accourcir le pendule de 19 centiemes de ligne: cette hauteur est le dernier terme où l'on peut atteindre, c'est là que commence la neige éternelle. Les montagnes, qui, comme Chimborazo, s'élèvent plus haut dans les nues, ont leur sommet inaccessible; cette seconde expérience confirmoit la première, & montrait une diminution plus forte, en raison d'une distance plus grande. Mais il y a cela de remarquable,

que ces diminutions de la pesanteur font, à très-peu près, dans la raison inverse du carré des distances, conformément à la loi que Newton a déduite du mouvement des corps célestes & des grandes opérations de la nature : c'est là qu'elle est dans sa majesté imposante; ici elle étoit cachée sous des variations presque insensibles, elle étoit profonde, difficile à pénétrer, parce qu'elle agissoit en petit.

Tout ce qui concerne l'attraction, cette propriété générale & si singulière de la matière, mérite d'être approfondi : nous avons dit que les accourcissémens du pendule ne donnoient, dans la diminution de la pesanteur, qu'à peu près la raison inverse du carré des distances; pourquoi cet à peu près? Pourquoi cette loi ne s'apperçoit-elle pas aussi exactement dans les montagnes de la terre, & sur sa surface où nous observons les phénomènes, que dans ces orbites éloignées, où le soleil exerce un empire absolu, & où la nature avoit écrit sa loi pour Newton? M. Bouguer a cherché la raison de cette différence, & voici ce qu'il a pensé : les groupes des hautes montagnes forment une petite masse ajoutée à la terre; elles s'élèvent de la surface comme un second sol placé sur le premier. Ce second sol est plus éloigné du centre, & si ces montagnes étoient continues, leur enveloppe sphérique augmenteroit le globe, aggrandiroit son rayon : le tout formeroit un globe plus grand, une masse plus puissante; & comme l'attraction est en raison de la masse, il en résulteroit pour les corps une tendance, ou une pesanteur plus grande. Mais l'attraction des parties lointaines d'un corps est presque nulle en comparaison de l'attraction des parties voisines : quoique la continuité de ces montagnes sur tout le globe n'existe pas, les effets sont les mêmes sur les corps sollicités à descendre dans ces montagnes, & par conséquent sur le pendule, dont la lentille tombe à chaque

seconde pour accomplir sa vibration. Ainsi, d'une part, quand on est à cette élévation, la pesanteur est diminuée, parce qu'on s'est éloigné du centre où elle semble résider dans toute son énergie; de l'autre côté, cette même pesanteur est augmentée, parce qu'on est au milieu d'une quantité de matière, qui ajoute à la masse du globe, pour la rendre plus puissante, plus attractive; il semble qu'on soit passé sur un globe plus grand & d'un plus long rayon. Ces deux effets sont opposés, ils peuvent se balancer, se détruire; il est possible que l'excès observable soit également de l'un ou de l'autre côté. Le volume de ces groupes de montagne peut être plus ou moins grand, composé de matières plus pesantes ou plus légères: la quantité même de ces matières peut être moindre que le volume ne l'annonce; car les volcans, qui ont travaillé les montagnes, en ont brûlé & souvent vidé l'intérieur, il ne reste quelquefois que les murailles de ces fourneaux dévorans. Il dépendoit donc du hasard, c'est-à-dire, du concours de ces différentes circonstances, que la pesanteur sur le sommet de Pichincha fût plus petite ou plus grande qu'au bord de la mer. Les circonstances ont bien servi M. Bouguer, pour mettre sous ses yeux, en peu de tems, & dans peu d'espace, les variations de la pesanteur, dont la loi a été si long-tems inconnue (a). Mais si la puissance attractive des Cordilières avoit été plus considérable, il auroit pu arriver que la pesanteur s'y trouvât la même qu'au bord de la mer; M. Bouguer cependant auroit vu par le calcul, qu'en conséquence des loix découvertes par Newton, le pendule devoit y être accourci d'environ une demi-ligne. Une demi-ligne ne peut manquer d'être sensible, les observations ne permettent point cette erreur; l'expérience

(a) Bouguer, Fig. de la terre, p. 338.

eût paru en contradiction avec la théorie. Mais qu'auroit-on pensé, s'il avoit fallu allonger le pendule, au lieu de l'accourcir; & si ce phénomène eût annoncé par une fausse apparence, que la pesanteur augmentoit en s'éloignant du centre de la terre? On en peut tirer une leçon utile pour les observateurs, & pour les philosophes qui osent comparer les effets à leurs causes. Il ne faut pas se presser de condamner celles-ci, quand ceux-là ne sont pas entièrement d'accord avec elles: qui doute que la nature n'ait pas encore, n'aura pas toujours des causes cachées? Elle en a qui détruisent en partie & en secret le résultat de celles qui sont apparentes. Les causes ne doivent être appréciées, jugées que sur l'ensemble des faits expliqués: ceux qui n'ont pu l'être sont des exceptions. Il faut penser que leur explication est réservée à d'autres tems, à des hommes plus heureux; ou que ces causes seront à jamais ensevelies dans le mystère impénétrable, qui est partout le terme de nos recherches.

Ces montagnes paroissent donc capables de modifier l'attraction du globe; quoique petites en comparaison de sa masse, leur action peut être sensible. Mais ici cette action est mêlée, combinée avec la puissance de ce globe: nous pouvons nous tromper toutes les fois que nous tentons de séparer ce qui est uni par la nature; une action ne peut être bien connue que lorsqu'elle agit seule, & que ses effets sont à nu. M. Bouguer se proposa d'isoler cette action pour l'apprécier. Le fil à plomb de nos quarts de cercle marque dans nos instrumens la ligne verticale dirigée du zénith au centre de la terre; & lorsqu'on regarde un astre par la lunette, l'angle que la direction de cette lunette fait avec le fil à plomb, avec la ligne verticale, détermine la distance de l'astre au zénith. Le fil est vertical, parce qu'un petit globe de métal suspendu à ce fil, pèse vers

la terre ; ce qui montre que , s'il étoit libre , il tomberoit , en obéissant à l'attraction de la terre. Mais en plaçant cet instrument au pied d'une haute & vaste montagne , elle s'élève à côté de l'instrument , & , comme lui , du sol vers le ciel ; si elle est capable d'action sur le fil , ou plutôt sur le petit globe suspendu , elle doit l'attirer vers elle , & le détourner de sa direction verticale. Alors le zénith de l'instrument change en apparence ; & lorsqu'on répète les observations des mêmes astres dans un autre lieu assez distant de la montagne , pour que sa foible attraction soit éteinte , le zénith redevient le vrai zénith du lieu. Si les observations comparées indiquent une variation du zénith , cet effet entièrement dû à l'attraction de la montagne , manifestera son action , parce qu'elle agit dans une direction absolument différente de celle de la terre.

Il falloit , pour essayer cette expérience , choisir la montagne la plus élevée , celle qui auroit la plus large base & le plus grand volume , celle en même tems qui sembleroit n'avoir été ni brûlée , ni vidée dans son intérieur par les volcans. Quoique la Cordilière offre un grand nombre de montagnes , il en est peu où ces circonstances soient complètement réunies. Chimborazo , la plus haute des montagnes de la terre , parut la plus favorable , & M. Bouguer s'y arrêta ; il pensoit , en ayant égard au volume de cette montagne , & en lui supposant une masse proportionnée , qu'il étoit possible que son attraction fût la 200^e partie de celle de la terre. Cette force étoit suffisante pour détourner le fil vers la montagne , en forte que le zénith fût déplacé de $1' 43''$, quantité qui eût été très-sensible ; les observations n'ont donné que $7''\frac{1}{2}$ (a). Cette quantité est bien

(a) Bouguer , Fig. de la terre , pag. 367 & suiv.

petite pour être décisive ; on peut craindre qu'elle ne soit due aux erreurs inévitables dans les observations. Cependant M. Bouguer ne le croit pas, & l'Astronôme de bonne foi est le meilleur critique & le meilleur juge de ses observations ; il résulte au moins d'un effet si foible, que cette montagne a été, comme les autres, minée par les volcans.

D'autres effets se sont joints à l'observation précieuse de M. Bouguer, pour confirmer l'attraction des montagnes. M. de la Caille, dans le travail de la prolongation de la méridienne de l'Observatoire & de la carte de France, a pris le parti d'abandonner, pour la détermination du degré, les observations célestes faites à l'extrémité de cette méridienne, vers Perpignan, & trop près des Pyrénées(a). Nous citerons bientôt plusieurs exemples semblables ; nous nous hâtons de rapporter une expérience plus décisive. M. Maskeline, Astronôme royal d'Angleterre, remarqua que celle qui avoit été faite au Pérou, laissoit encore quelque doute, & à M. Bouguer lui-même, puisque cet Astronôme desiroit que l'on trouvât en France & en Angleterre quelque montagne assez grosse pour avoir une attraction sensible, sur-tout en doublant son action(b). D'ailleurs M. Bouguer n'avoit employé qu'un quart de cercle de deux pieds & demi : il avoit été fortement incommodé du vent dans une de ses deux stations ; & dans ces recherches délicates, il est essentiel que l'instrument soit bon, & que l'observateur soit à son aise. M. Maskeline avoit un secteur de 10 pieds de rayon ; il résolut de s'en servir pour décider une question importante, & pour remplir le vœu de M. Bouguer. Il trouva heureusement dans la province du comté de Perth, au centre de l'Ecosse, une montagne assez haute, bien détachée

(a) Mém. Acad. des Scien. 1758, p. 243.

(b) Bouguer, Fig. de la terre, p. 389.

de toutes les autres, & fort large par sa base; il se proposa de déterminer par des observations célestes des mêmes astres, faites au nord & au midi de la montagne, la différence de latitude, ou la distance des deux parallèles entre lesquels la montagne étoit comprise. En déterminant ensuite cette distance par des opérations géodésiques, si ces deux mesures prises sur la terre & dans le ciel, se trouvoient différentes, si la mesure géodésique étoit plus petite, c'étoit une preuve que dans les deux stations la montagne avoit attiré le fil à plomb, déplacé chaque fois le zénith en sens contraire, & aggrandi la distance céleste. C'est précisément ce qui arriva. M. Maskeline a mis dans cette recherche tout le soin & toute la sagacité qu'on pouvoit attendre d'un Astronôme tel que lui; il n'a épargné ni le travail, ni la peine; il a observé 43 étoiles, & fait en tout 337 observations (a); il a trouvé la distance des parallèles de $54''$, & cette quantité prise par un milieu, ne diffère des extrêmes que d'à-peu-près $2''$ (b). Les mesures géodésiques lui ont donné cette même distance de 4365 pieds, qui répondent, suivant la latitude du lieu, à $42''$, 94 : la distance céleste avoit donc été aggrandie; les zéniths avoient été déplacés de $11''$, 6. Mais comme cet effet appartient à un double déplacement, comme il résulte des deux attractions égales de la montagne au nord & au midi, il s'ensuit que chaque attraction a déplacé le zénith, a attiré le fil de $5''$, 8 (c). Cette quantité est encore plus petite que celle qu'avoit obtenue M. Bouguer, mais deux raisons la rendent plus concluante; 1°. parce qu'une seconde expérience l'est toujours davantage que la première, quand elle donne un résultat semblable;

(a) Voy. son Ouvrage sur l'attraction
des montagnes, p. 22.

(b) Maskeline, attrac. des monta. p. 32.

(c) *Ibid.* p. 34.

2°. parce que l'instrument étoit meilleur & les commodités plus grandes. On ne peut donc plus douter que les montagnes ne soient, comme notre globe, capables d'attraction; il n'y a plus de raison pour refuser cette propriété aux plus petites portions de la matière. Car si la lune retenue dans son orbite par la puissance de la terre, si tous les corps, en se précipitant vers la surface de notre globe, ont manifesté la force attractive des grands corps, pourquoi la plus haute montagne, toujours petite & chétive en comparaison de la terre, auroit-elle la même propriété, si cette force attractive n'étoit pas une loi générale, & si le moindre grain de sable en étoit privé? On peut s'étonner que, malgré ces preuves multipliées, Newton ait encore des adversaires; c'est que ces preuves ne sont pas encore assez connues, c'est que tout le monde n'a pas la balance pour les peser. On ne comprend pas l'attraction; mais l'homme qui en doute, comprend-il comment il existe? Nous vivons, & l'attraction agit par la volonté de l'Être suprême; ce sont deux faits de la nature, dont les causes & le mécanisme nous sont également inconnus.

Revenons aux résultats des mesures prises au nord & à l'équateur. Le degré mesuré en Laponie avoit été trouvé de 57438 toises; ce degré, comparé au degré déterminé en France par Picard de 57060 toises, donneroit, pour le rapport des axes de la terre, celui de 121 à 122; c'est-à-dire, que la terre seroit aplatie au pôle de la 122^e partie du diamètre de l'équateur. Cet aplatissement diffère beaucoup de celui qui avoit été annoncé par Newton; la théorie ne lui avoit donné qu'un 230^e. On espéroit de la mesure faite au Pérou, un résultat plus conforme à la théorie & plus exact, parce qu'il seroit conclu de mesures plus éloignées & plus différentes. Cependant on avoit quelques soupçons sur l'ancienne opération de Picard. Ces soup-

cons ne se portoient pas sur la mesure géodésique; mais si l'habile observateur inspiroit beaucoup de sécurité à cet égard, il n'en étoit pas de même de la mesure de l'arc céleste. Bien des choses avoient changé depuis Picard; les instrumens étoient infiniment perfectionnés, les mouvemens apparens des étoiles découverts en Angleterre, devoient modifier les résultats de cet Astronôme, & l'Académie jugea nécessaire de répéter la mesure du degré entre Paris & Amiens. Les Académiciens nommés pour cette vérification, tranquilles sur la partie géodésique, ne s'occupèrent que de la longueur de l'arc céleste; & ayant refait les observations astronomiques avec soin & avec de bons instrumens, ils trouverent que Picard s'étoit trompé de 123 toises. Selon leurs observations, le degré répondoit à 57183 toises: il résultoit de ce nouveau degré un aplatissement plus petit; il n'étoit plus que d'une 178^e partie (a). Cependant la description de la France étoit continuée par les ordres du Roi; M. Cassini de Thury, conjointement avec M. l'abbé de la Caille & M. Maraldi, entreprit de vérifier aussi tout le travail de la détermination de la méridienne qui traverse le royaume & va de Dunkerque à Perpignan, en passant par Paris. C'est sur cette longue méridienne qu'étoient comptés & mesurés les degrés de France, qui depuis si long-tems embarrassoient la question de la figure de la terre. Ce travail avoit été commencé par Dominique Cassini; M. de Thury son petit-fils, étoit jaloux de concilier les mesures de France avec les autres, de trouver la source de l'erreur, ou du moins, s'il n'y en avoit pas, de constater authentiquement les différences. Il est à propos de remarquer que toute l'opération de la méridienne avoit été liée aux anciennes mesures de Picard; on partoit de sa base mesurée (b),

(a) Maupertuis, degré du méridien, p. VI.

(b) Méridienne, vérif. Disc. prélim. p. 12.

& ce nouveau travail devoit être une confirmation ou une critique du sien.

Les mesures célestes faites par tout le royaume, & comparées aux mesures faites sur le terrain, ne s'accorderent pas; elles donnerent partout des degrés trop grands, c'est-à-dire, plus grands que celui de Picard. On commença à soupçonner sa base & ses opérations géodésiques; M. de la Caille apperçoit même que pour concilier tout, il auroit fallu que cette base fût plus courte d'environ six toises (a). Cette base fut enfin mesurée en 1740 (b); elle le fut cinq fois en présence de Commissaires nommés par l'Académie, & il fut bien constaté qu'elle étoit en effet plus courte d'environ six toises. Si l'on a douté du résultat fondé sur des mesures si authentiques, si cette base a été remesurée de nouveau en 1754, c'étoit sans doute par une sorte d'égard pour la réputation de Picard, qui avoit commis cette erreur, & par un scrupule toujours louable, même dans ses excès; au reste cette dernière opération a confirmé complètement celles de MM. de Thury & de la Caille (c). Ce scrupule pour une petite erreur sur une longue base, prouve l'attention & le soin que l'on a mis à ces recherches délicates: & ils étoient nécessaires; car il en résultoit une différence de 50 à 60 toises sur la longueur du degré (d), & de 4 à 500 toises sur toute l'étendue de la méridienne.

(a) Méridienne vérifiée, Disc. prélimin. p. 17.

(b) On vérifia aussi l'exactitude de la direction de cette méridienne, & on trouva que le pilier de Montmartre, qui en déclinait de 6'', selon Picard, en déclinait de 10'' par cette vérification qui est complète. C'est tout en pareille matière, de s'accorder à quatre secondes près. Cet accord prouve encore que la position des méridiens ne change pas sur le globe,

comme on l'avoit soupçonné jadis (*Suprà*, Tom. I. p. 582), du moins en 67 ans.

Mém. Acad. des Scien. 1740, p. 282.

(c) Mém. de l'Acad. des Sciences 1754, p. 172.

(d) Picard s'étoit trompé de plus de 60 toises. En corrigeant ses observations astronomiques, le degré résultoit de 57183 toises; il n'est réellement que de 57074: il avoit donc commis, dans ses mesures géodésiques, une erreur qui produisoit 109 toises

C'est ici qu'on peut connoître la différence des tems & les progrès de la science. Jadis les Chaldéens se tromperent de 5700 toises sur le degré, sans s'en douter (a) : les Arabes, plus habiles, ne furent en doute sur sa longueur que de 600 toises ; ils partagerent l'erreur sur les deux degrés mesurés, & se font peu inquiétés que leur détermination fût assujettie à une incertitude de 300 toises. Aujourd'hui nous disputons pour quelques toises ; on ne craint point de répéter les opérations les plus difficiles pour s'affranchir de cette incertitude.

Trois méridiennes ont été tracées à travers la France ; trois perpendiculaires coupent les méridiennes ; ces longues & pénibles opérations, cette description d'un vaste royaume, faite la toise à la main, & avec la régularité de la géométrie, sont des travaux inconnus aux anciens. La France en a donné l'exemple ; Dominique Cassini en a formé le projet, & l'a laissé en héritage à sa postérité constamment savante. Jacques Cassini son fils, M. Cassini de Thury son petit-fils, les deux Maraldi ses neveux, associés à M. de la Caille, ont marché sur ses traces. Le travail tend vers sa fin ; c'est au zèle de M. de Thury que nous en devons l'entière exécution ; la carte de France sera bientôt complète. Si nous admirons les mesures de quelques degrés, exécutées jadis par Eratosthènes, Posidonius, & par les Arabes, que diront nos neveux de cette mesure d'une région entière ! Elle devient un modèle que plusieurs nations de l'Europe s'empressent d'imiter. Ce sont de telles entreprises qui font la gloire d'un peuple. La terre peut changer, les empires se détruire, les monumens des

sur le degré : sa base n'y étoit que pour 60. Mais on a remarqué que Picard, sur la fin de son opération, pressé par l'approche de l'hiver, s'étoit négligé dans la partie septentrionale de ses triangles ; & plusieurs

petites erreurs accumulées avoient été ajoutées à la première. (Mém. de l'Acad. des Scien. 1754, p. 185).

(a) Histoire de l'Astronomie ancienne, p. 147.

sciences restent pour attester la grandeur passée ; la mémoire s'en conserve, & dans la suite des siècles, d'autres peuples admirent le génie & la puissance qui ne sont plus.

Il résulte du grand travail de la méridienne vérifiée, que la distance de Dunkerque à Perpignan est de 475650 toises pour un arc céleste de $8^{\circ} 20' 12''\frac{1}{2}$, d'où on calcule le degré moyen vers 47° de latitude de 57054 toises, à six toises près de celui que Picard avoit déterminé. On s'étonnera peut-être de cet accord, en pensant à l'erreur de sa base ; mais il s'étoit trompé aussi sur la mesure céleste, & les erreurs s'étoient compensées. Si nous avons quelquefois loué avec justice les hautes facultés de l'esprit humain, il ne faut pas négliger d'observer les écueils dont il est environné, ou souvent il échoue, & les raisons qu'il doit avoir de se défier même de ses succès. Combien d'occasions semblables où il n'arrive à la vérité peut-être que par des méprises ! La distance de Paris à Perpignan étant de 350142 toises pour un arc de $6^{\circ} 8' 17''$, le degré moyen vers 45° se trouve de 57045 toises. Quelque hypothèse que l'on suive sur la figure de la terre alongée ou aplatie, une circonstance favorable fait que le degré moyen entre tous les autres est à la moitié de la distance du pôle à l'équateur, c'est-à-dire, à 45° ; la France si heureusement placée à tant d'autres égards, l'est aussi pour déterminer seule la vraie étendue de la circonférence de la terre. Cette circonférence est de 20536200 toises, & en lui donnant 9000 lieues, dont la valeur est réglée & fixée relativement à cette étendue, elles seront chacune de 2282 toises.

En comparant les différentes mesures de cet arc de huit degrés, on voit que les degrés de Rhodès à Perpignan sont de 57048 toises, de Paris à Amiens, de 57074, & vers Dunkerque, de 57081.

Voilà donc des degrés qui vont en croissant vers le pôle, & qui donnent à la terre une figure aplatie, conformément à la théorie de Newton & à la mesure faite en Laponie; les mesures de France ne sont plus en contradiction avec cette théorie. On voit combien dans ces recherches délicates, on peut cependant obtenir de précision, comment on parvient à des résultats certains: la théorie, toutes les mesures de la pratique, faites en France & au nord, malgré l'immensité de leurs détails, conspiroient pour accuser Picard & pour indiquer une erreur de six toises dans la mesure de sa base; l'erreur de cette mesure étoit le nœud de la difficulté.

M. de Thury & M. de la Caille profitèrent des travaux géodésiques qu'avoient fait naître la prolongation de la méridienne de Paris & la description de la France, pour tenter dans ce même royaume la mesure des degrés de longitude. Les distances terrestres étoient déjà mesurées, il ne s'agissoit que de connoître l'arc céleste qui y répondoit: on employa la méthode des feux (a). La distance terrestre & en longitude entre la montagne de Cette en Languedoc, & celle de Sainte Victoire en Provence, fut trouvée de 78600 toises, & l'arc céleste de $7^{\circ} 33' \frac{1}{4}$ de tems, ou de $1^{\circ} 53' 19''$ (b). Il en résulte que l'étendue du degré de longitude à $43^{\circ} \frac{1}{2}$ de latitude ou de distance à l'équateur, est de 41618 toises. Ce degré seroit seulement de 41358, si la terre étoit sphérique; la différence est de 260 toises, & telle qu'elle doit être pour indiquer que la terre est aplatie. Cependant elle n'est pas décisive pour la quantité de l'applatissement, car ces 260 toises répondent à $3''$ de tems, & l'erreur possible peut égaler au moins la moitié de cette quantité. Mais quand on se rappelle les incertitudes que la mesure

(a) *Suprà*, p. 22.

(b) *Mérid. vérif.* pag. 15 & 96.

des degrés des parallèles & des degrés de la perpendiculaire à la méridienne, avoient jetées sur la question de la figure de la terre (a), c'est beaucoup que ces mesures semblables donnent les mêmes résultats & viennent à l'appui des mesures plus favorables & plus décisives.

Enfin les Académiciens étant revenus du Pérou, ils apportèrent une troisième mesure que l'on pouvoit comparer avec les deux autres faites en France & en Laponie; mais ces nouvelles connoissances produisirent de nouvelles incertitudes. Le degré de Laponie supposé de 57438 toises, & celui de France qu'on avoit mal-à-propos porté à 57183 toises comparés, avoient donné pour l'applatissment de la terre $\frac{1}{178}^e$. (b). Ces degrés réduits à 57422 (c) & à 57074 toises, donnoient $\frac{1}{132}^e$: le degré du Pérou de 56750, comparé à celui de France, donnoit $\frac{1}{304}^e$; & avec celui du nord, l'applatissment étoit de $\frac{1}{210}^e$ (d). Le degré de longitude mesuré en Provence par MM. de Thury & la Caille, comparé au degré de latitude correspondant, donnoit $\frac{1}{169}^e$ (e); si l'on y ajoute l'applatissment de $\frac{1}{230}^e$ que Newton a déduit de sa théorie, on aura cinq applatissmens différens, conclus des quatre mesures & de la théorie. Il est difficile de différer davantage; la plus grande de ces fractions est plus que double de la plus petite.

M. Bouguer considérant que toutes ces mesures sont également bonnes, également éloignées du soupçon, ne voulut pas en préférer aucune: il pensa qu'il falloit chercher une hypothèse qui permît de les admettre toutes; ou plutôt qu'il falloit

(a) *Suprà*, p. 5.

(b) *Ibid.* p. 34.

(c) On a retranché seize secondes à cause de la réfraction qui avoit d'abord été négligée, & qui n'étoit cependant pas insensibi-

ble, puisqu'elle produisoit une seconde sur la hauteur des étoiles observées près du zénith.

(d) La Condamine, *Voy. à l'équa.* p. 258.

(e) Méridi. vérif. p. 114.

choisir celle qui feroit fournie par les observations mêmes. Dans un sphéroïde les degrés croissent ou décroissent en raison des carrés de la latitude ; ici les degrés ne varient point , suivant cette loi , mais suivant celle des carrés carrés , ou des quatriemes puissances. C'est la loi qu'il adopta ; cette loi , l'applatiffement supposé de $\frac{1}{17}^e$, lui représenterent très-bien les trois degrés mesurés en latitude , & même celui que M. de Thury & M. de la Caille avoient mesuré en longitude (a). Le sphéroïde de la terre n'étoit plus elliptique , sa figure en différoit très-peu , mais sa courbure étoit plus composée. On pouvoit demander à M. Bouguer si cette hypothèse étoit physique , c'est-à-dire , si elle étoit conforme aux loix connues de la nature. Il résulroit de cette loi que la terre étoit plus applatie , ou du moins que ses degrés de l'équateur au pôle diminuoient plus rapidement que dans un sphéroïde elliptique. Cependant il semble que la rotation uniforme d'un globe autour de son axe , ne peut , en rapprochant ses pôles de son centre , lui donner que la figure d'un sphéroïde elliptique ; mais ces difficultés ne sont pas les plus grandes.

M. de la Caille se trouvant au Cap de Bonne-Espérance , où il s'étoit transporté pour observer les étoiles australes , ayant une activité qui doubloit son existence & son tems , se proposa de mesurer un degré du méridien , & de répéter seul cette grande opération , qui avoit toujours été le produit de la magnificence des Princes & du concours des hommes ; il obtint la même exactitude & la même confiance , en se multipliant lui-même , pour suppléer au manque de coopérateurs. M. de la Caille détermina ce degré de 57037 toises , presque aussi

(a) Bouguer , Fig. de la terre , p. 303.

grand au Cap de Bonne-Espérance, à la latitude méridionale de 34° , qu'il a été trouvé en France à la latitude septentrionale de 49° ; il sembleroit donc que les deux hémisphères ne seroient pas semblables, & que la terre auroit été plus aplatie par le pôle austral que par le pôle boréal. Ce n'est pas tout, MM. Maſon & Dixon ont meſuré dans l'Amérique ſeptentrionale un degré qui ne s'accorde ni avec ceux de France, ni avec celui de M. de la Caille. M. l'abbé Beccaria a trouvé en Piémont le degré ſemblable à celui de France pour la même latitude; mais MM. Boſcovich & Maire, M. Lieſganig (a), les uns en Italie, l'autre en Autriche & en Hongrie, ont trouvé des degrés qui ne s'accordent pas avec ceux qui ont été meſurés en France à la même latitude, mais ſous un autre méridien (b).

Voilà bien des incertitudes, & aſſez pour nous apprendre comment la perfection des ſciences & des arts devient ſi difficile, qu'ils ne font preſque plus de progrès. Lorſque nous voulons deſcendre à des meſures trop petites, à des réſultats ſi

(a) Lieſganig, *Dimenſio graduum*, &c. p. 214.

Ce qu'il y eut de très-ſingulier, c'eſt qu'en partageant ſa meſure en trois intervalles, il trouva trois degrés différens, l'un de 57366 toiſes, l'autre de 57085, le troiſième de 56899. Le P. Lieſganig avoit cependant opéré dans toutes les meſures, tant géodéſiques que céleſtes, avec l'intelligence & les précautions néceſſaires; il avoit fait uſage d'un ſextant de 10 pieds de rayon. Mais il penſe que l'attraction des montagnes de Stirie a produit ces différences, trop grandes pour être attribuées à l'erreur des opérations faites par un homme auſſi capable que lui. (*Trans. philoſ.* 1768, p. 15.) Voilà une nouvelle preuve de l'attraction des montagnes.

(b) M. Maſkeline penſe que les méridiens

peuvent n'être pas ſemblables, ou du moins que l'attraction des montagnes a beaucoup altéré quelques-unes de ces meſures. (*Trans. philoſ.* 1768, p. 270.)

M. Cavendiſh a examiné la choſe plus ſcrupuleuſement, & ayant calculé géométriquement l'eſſet des inégalités de la terre, il a trouvé que d'une part l'attraction des montagnes, de l'autre, pour les meſures qui ont été faites près de la mer, l'attraction plus foible de l'eau ont pu produire une différence de 60 à 100 toiſes dans la longueur du degré. Ce n'eſt donc que par de nouvelles recherches ſur les circonſtances de toutes ces meſures, qu'on pourra parvenir à les faire accorder, ou bien il faudra ſe réſoudre à ignorer toujours la vraie & exacte figure de la terre (*Ibid.* p. 323.)

fins & si délicats, qu'ils échappent à nos sens & à nos moyens, nos opérations ne peuvent plus correspondre aux vues de l'esprit, & la perfection que nous appercevons, que nous croyons saisir, s'éloigne sans cesse & recule devant nous, comme ces objets que le voyageur trompé voit à peu de distance, & croit être prêt d'atteindre. Mais quelque contradiction que nous ayons remarquée dans les résultats précédens, il est des points sur lesquels ils s'accordent, il est des différences dont on peut soupçonner les causes; c'est à la théorie que nous devons demander des lumières. Newton & Huyghens avoient tous deux enseigné que dans un globe primitivement fluide, la force centrifuge, produite par la rotation, avoit dû élever l'équateur & aplattir les pôles. Huyghens considérant la pesanteur comme une force due au globe pris en masse, trouvoit un aplatissement de $\frac{1}{578}^e$. Newton, persuadé que cette force naissoit de l'attraction de toutes les parties qui pesent les unes vers les autres, aplattissoit la terre, plus que n'avoit fait Huyghens, & faisoit cet aplatissement de $\frac{1}{230}^e$. Les résultats précédens permettent de prononcer entre les deux théories. Le premier résultat que l'on peut admettre comme vérité, c'est que la terre a été originairement fluide; ses parties animées par la pesanteur & liées par la cohésion, n'auroient pas obéi à la petite force centrifuge, si elles n'avoient été molles, ou plutôt liquides & capables de glisser facilement, ou de rouler les unes sur les autres (a). La quantité déterminée de cet aplatissement, quoique presque toujours différente par les différentes mesures, s'éloigne infiniment de l'aplatissement que donne la théorie d'Huyghens; celui-ci n'est à-peu-près que de $\frac{1}{600}^e$ partie; le plus petit qui nous soit donné par les observations

(a) *Suprà* Tome II. p. 535.

est de $\frac{1}{300}^{\circ}$ partie : il est donc le double de celui d'Huyghens , & tous les autres s'en éloignent davantage. L'applatissment de la terre démontre donc que Newton avoit raison d'attribuer l'attraction à toutes les parties de la matière. Mais malgré la vérité du principe, on pouvoit regarder la solution du problème comme inexacte & insuffisante. Newton , pour déterminer l'applatissment de la terre , avoit commencé par la considérer comme un sphéroïde elliptique : elle ne pouvoit avoir cette figure qu'en vertu de son applatissment ; c'étoit supposer ce qui étoit en question. M. Stirling démontra le premier la légitimité de cette supposition , pourvu que la terre soit homogène ; alors l'applatissment est de $\frac{1}{130}^{\circ}$, comme Newton l'a annoncé. M. Clairaut alla plus loin, il reconnut que la supposition étoit encore légitime , en regardant la terre comme composée d'une infinité de couches concentriques , toutes de densité différente ; il a traité la matière à fond dans son bel ouvrage de la figure de la terre. Il se propose un problème plus général & plus difficile que celui de Newton , c'est de déterminer la figure du globe en établissant que toutes ses parties s'attirent mutuellement , & que toutes ses couches sont de densité différente , & même de figure différente , quoique toutes elliptiques. Les observations faites par M. Bouguer & par M. Maskeline , ne permettent plus de croire que la terre soit sensiblement homogène ; si son intérieur n'étoit pas beaucoup plus dense que sa superficie & ses inégalités extérieures , l'attraction des montagnes eût été beaucoup plus sensible. M. Clairaut , en supposant que les planetes ont été originairement fluides & non homogènes , trouve 1°. que la pesanteur doit diminuer sur la surface depuis le pôle jusqu'à l'équateur , d'une quantité plus considérable que si elles étoient homogènes ; 2°. que cette diminution sera toujours proportionnelle au carré

du cosinus de la latitude (a) : ces deux résultats sont conformes à l'expérience. Nous avons vu que M. Bouguer a observé que sous l'équateur la pesanteur étoit plus diminuée qu'elle ne devoit l'être en raison de la force centrifuge (b). Quand on compare ensemble les quantités dont il faut accourcir le pendule en différens lieux, à mesure qu'on approche de l'équateur, on trouve que ces quantités varient comme la théorie l'exige. M. Clairaut a vu encore par cette théorie, que la quantité dont la pesanteur au pôle doit surpasser la pesanteur à l'équateur, sera exprimée par le double de l'applatissment qu'auroit la terre si elle étoit homogène, moins l'applatissment réel & donné par l'observation (c); il fait voir que cet excès ne peut jamais être moindre que $\frac{1}{230}^e$, & l'applatissment jamais plus grand que $\frac{1}{230}^e$ (d). C'est ici que les observations sont contraires & que la théorie semble en défaut. Quoique nous n'ayons pas déterminé la longueur du pendule, & par conséquent la force de la pesanteur sous le pôle même, nos Académiciens, qui ont été jusqu'au cercle polaire, y ont trouvé le pendule plus long qu'à l'équateur de deux lignes six centièmes. On peut par conséquent en conclure qu'il feroit plus long sous le pôle, au moins d'environ deux lignes quarante centièmes. C'est beaucoup plus que ce qui auroit lieu sur la terre homogène; suivant M. Bouguer, la diminution produite par la force centrifuge n'y feroit allonger le pendule que d'une ligne & demie (e). Mais la théorie enseigne que cette diminution ne peut devenir plus sensible qu'aux dépens de l'applatissment. L'applatissment sera d'autant plus petit, que la diminution de la pesanteur sera plus grande; si l'on est obligé d'allonger le pendule au pôle de $2^l. \frac{40}{100}^{es}$, comme

(a) M. Clairaut, Figure de la terre, p. 295.

(b) *Suprà*, p. 25.

(c) Clairaut, Fig. de la terre, p. 296.

(d) *Ibid.* pag. 297 & 298.

(e) Bouguer, Fig. de la terre, p. 346.

nous venons de le supposer, la diminution de la pesanteur à l'équateur sera de $\frac{1}{184}^e$, & l'applatissement ne pourra plus être que de $\frac{1}{307}^e$. Ce résultat, quant à l'applatissement, diffère de ce que donnent la plupart des degrés mesurés. Ce n'est pas que le degré du Pérou comparé à celui de France, ne donne assez précisément un applatissement de $\frac{1}{304}^e$; mais comment s'en rapporter à une seule comparaison, lorsque tant d'autres concourent à donner un applatissement plus grand, & quelquefois plus que double.

En suivant les progrès de la théorie, nous trouvons que M. d'Alembert a repris cette grande question de la figure de la terre sous un point de vue plus vaste. La géométrie ne peut s'appliquer à la physique que par les élémens que celle-ci lui fournit; ces élémens sont ou connus par l'expérience, ou supposés comme vraisemblables. La géométrie ne peut pécher que par ces élémens, par les données; si la théorie n'est pas d'accord avec l'expérience, c'est donc sur ces élémens qu'il faut revenir. Jusqu'ici on avoit supposé que dans un fluide composé de couches de différente densité, les couches devoient être toutes de niveau, c'est-à-dire, que la pesanteur devoit être perpendiculaire à chacune de ces couches; M. d'Alembert a cherché la figure des différentes couches du sphéroïde, non seulement en supposant, comme on l'avoit fait avant lui, que ces couches soient fluides, qu'elles s'attirent & qu'elles aillent en diminuant ou en augmentant de densité, suivant une loi quelconque, du centre à la circonférence; mais en supposant de plus, ce que personne n'avoit encore fait, que la pesanteur ne soit point perpendiculaire à ces couches, excepté à la couche supérieure (a). Voilà la première supposition, dont

(a) Encyclopédie, art. Fig. de la terre.

M. d'Alembert a débarrassé la question. Mais la figure elliptique attribuée au sphéroïde est encore une supposition, vraisemblable à la vérité, mais toujours un peu arbitraire. On l'avoit adoptée, parce qu'elle rend la question plus simple & le calcul des attractions plus facile; M. d'Alembert a donné une solution qui peut s'appliquer à une infinité d'autres figures que la figure elliptique. Il ne restoit plus qu'une dernière supposition, c'est que quelle que soit la figure du globe, tous les méridiens sont semblables par leur courbure. M. de Buffon, considérant en naturaliste & en philosophe les inégalités de la surface de la terre, pensa le premier qu'elle n'avoit point une figure régulière (a). M. de la Condamine, M. de Maupertuis, M. l'abbé Boscovich qui tous ont mesuré la terre, ne s'éloignèrent pas de cette idée. Enfin M. d'Alembert dépouilla encore le problème de cette condition arbitraire de la similitude des méridiens; il supposa que dans le sphéroïde les méridiens n'étoient pas semblables, que non seulement chaque couche y différoit des autres en densité, mais que tous les points d'une même couche différoient également de densité entr'eux (b). Toutes ces recherches géométriques sont des ressources pour concilier la théorie avec l'observation; nous ne pouvons pas être encore assurés que la pesanteur est perpendiculaire à toutes les couches de la terre, que sa figure est elliptique, que ses méridiens sont semblables. Ces suppositions peuvent être admises, parce qu'elles sont vraisemblables; l'observation nous apprendra quelque jour celles qui doivent être conservées comme légitimes. La plus importante de ces suppositions est celle de la similitude des méridiens; car si les méridiens different entr'eux par la courbure, on ne peut penser que la figure de la terre soit

(a) Hist. nat. in-12, Tom. I. p. 240.

(b) Encyclop. art. Fig. de la terre.

elliptique, quelle que soit la manière dont elle se soit consolidée, & dont elle ait été altérée depuis sa formation. Si cette formation s'est faite avec régularité, on doit trouver partout ressemblance & régularité : si des causes puissantes ont pu altérer sa forme solide & primitive, ces causes n'ont point été locales ni bornées à quelque point du globe ; elles ont eu une étendue analogue à leur puissance, elles ont tout changé à la surface, & mis partout le désordre & l'irrégularité à la place de la symétrie & de la ressemblance.

Sans doute la surface du globe offre des inégalités sensibles ; on voit au premier coup d'œil que les deux hémisphères ont été bien différemment partagés. Au nord de l'équateur sont les grandes masses de terre ; si ce cercle partage l'Amérique en deux portions à peu près égales, on trouve dans l'hémisphère boréal l'ancien monde presque entier, c'est-à-dire, l'Asie, l'Europe & les trois quarts de l'Afrique. L'hémisphère austral paroît être le domicile des eaux ; elles y sont en plus grande quantité, les mers y sont plus vastes, les îles petites & rares, & ces immenses parties de l'Océan semblent les déserts & les solitudes de la mer. Ces mers ont d'ailleurs une grande profondeur ; le midi, pour balancer le nord, oppose donc une grande masse d'eau à un vaste continent. Toutes les matières solides dont ces continens sont composés dans leur intérieur, sont plus pesantes que l'eau ; on a peine à concevoir comment ces deux hémisphères inégalement chargés, peuvent se faire équilibre. Il y a plus, toutes les pointes des continens regardent le midi : il semble que les eaux se soient échappées de cette partie du monde pour se répandre sur le globe, & que leur action étant divisée à la rencontre des terres, elles se soient écoulées des deux côtés, en amincissant le continent, & en donnant à ses extrémités cette forme angulaire,

qui semble le témoin de l'irruption & de la résistance ; mais nous ne connoissons point de cause physique qui ait pu produire cette irruption des eaux.

Dès que le globe a eu pris une forme solide, cette forme a été constante : tout est resté à la même place dans les limites prescrites par la nature ; les mers sont attachées à leur lit , comme les montagnes au sol qui leur sert de base. Tout ce qui pourroit résulter de ce partage inégal entre les deux hémisphères , c'est que le centre de gravité ne se trouveroit pas précisément au milieu du globe. Cet écart du centre de gravité , qui ne peut être que très-petit , ne doit point influencer sur nos mesures prises à la surface : les inégalités mêmes de cette surface sont nulles en comparaison de son étendue ; les montagnes ne sont que des points sur le globe , ce sont des écarts du niveau , des exceptions à la loi de sa continuité. Quand on supposeroit que quelques-unes des régions où nous avons mesuré les degrés , eussent été considérablement élevées, ou excavées par des causes violentes & locales , il n'en résulteroit aucune erreur. Le niveau nous avertit de la pente , le baromètre nous apprend l'élévation au-dessus des mers ; & avec ces données , nous pouvons tout réduire à l'exactitude géométrique , qui n'est nulle part dans une nature toujours variée, mais qui est la mesure commune à laquelle nous l'avons partout assujettie. Ce n'est donc pas à tous ces légers accidens de la surface qu'on peut attribuer l'incohérence de nos mesures , puisqu'il est démontré que le globe peut être en équilibre avec une figure elliptique. Si par une irrégularité quelconque, la vraie forme s'éloigne un peu de cette figure, il faut que cette irrégularité permette l'équilibre ; il faut donc qu'elle tienne à l'arrangement général , & qu'elle ait eu lieu au moment de la formation. Mais alors comment une formation ,
dont

dont les causes sont simples, a-t-elle pu laisser introduire aucune irrégularité ? Ces causes sont la fluidité peu à peu consolidée, la pesanteur, la rotation, la force centrifuge : la fluidité permettoit tout, la pesanteur auroit imposé au globe la forme sphérique, la rotation a dû rendre circulaires les parallèles à l'équateur, & la force centrifuge semble avoir dû rendre les méridiens elliptiques ; M. Clairaut démontre que les suppositions les plus vraisemblables & les plus naturelles sur l'intérieur du globe, demandent cette figure.

M. de la Place, qui vient de traiter de nouveau la question de la figure de la terre, s'est livré à cette recherche dans un ordre opposé à celui qui avoit été suivi jusqu'ici : on supposoit une figure, & on examinoit si l'équilibre pouvoit la permettre ; il a cherché au contraire la figure qui convenoit à l'équilibre. L'équation très-générale seroit entièrement satisfaisante, si elle étoit susceptible d'une intégration rigoureuse ; l'ellipsoïde, comme cela doit être, y est renfermé avec beaucoup d'autres figures. M. de la Place en a exclu un grand nombre. Mais quoique l'ellipsoïde lui paroisse la seule qui s'accorde avec l'équilibre du globe, il n'ose prononcer que cette forme soit en effet unique ; cependant, malgré cette incertitude, il a tiré ce résultat intéressant, que quelle que soit la forme, pourvu qu'elle diffère peu de la sphère, les variations de la pesanteur suivent la même loi que dans le sphéroïde elliptique (a).

Il y a donc beaucoup d'apparence que la figure de la terre est réellement elliptique. Nous ne dirons pas que les variations sont telles, qu'elles doivent être relativement à cette figure, puisque la figure n'y change rien ; mais nous remarquerons que

(a) Mém. de l'Acad. des Scienc. 1772, seconde Partie, p. 536.

la quantité observée de ces variations indique un aplatissement de $\frac{1}{307}^{\circ}$. On objectera que cet aplatissement est beaucoup plus petit que celui qui résulte de plusieurs degrés mesurés. Ce n'est point dans un ouvrage de la nature de celui-ci que nous pouvons discuter ces mesures & prononcer entr'elles ; cependant nous devons dire qu'il y a plusieurs bonnes raisons qui pourroient porter à croire que l'aplatissement ne surpasse pas $\frac{1}{300}^{\circ}$ (a). 1°. Cet aplatissement résulte réellement de la comparaison du degré du Pérou avec celui de France ; il pourroit donc être regardé comme vérité d'observation. 2°. La théorie enseigne que si la terre est homogène , l'aplatissement doit être de $\frac{1}{230}^{\circ}$; si la terre ne l'est pas , l'aplatissement doit être moindre. Or il résulte des variations observées de la pesanteur & de la relation nécessaire entre ces variations & l'aplatissement de la terre , que cet aplatissement peut être de $\frac{1}{307}^{\circ}$; voilà donc la vérité d'observation établie par la théorie. 3°. On peut confirmer encore cette même vérité par l'analogie. Jupiter a , comme la terre , une figure aplatie ; son aplatissement est même plus considérable que celui de notre globe , parce qu'il tourne sur lui-même en dix heures , & conséquemment avec plus de vitesse que la terre. On trouve par la théorie que cet aplatissement doit être moindre que $\frac{1}{10}^{\circ}$, si le globe de Jupiter n'est pas homogène ; les observations les plus exactes & les plus récentes ne donnent que $\frac{1}{14}^{\circ}$ (b). On peut donc conclure de la théorie & de l'observation que la

(a) M. l'abbé Boscovich , en employant les degrés mesurés par le P. Liesganig avec les huit autres , a trouvé pour l'ellipticité de la terre $\frac{1}{311}^{\circ}$, & si l'on omettoit le seul degré de Laponie , qui diffère sensiblement des autres , sur-tout du degré de l'Amérique septentrionale , & de celui de Bohême , on

auroit , selon cet auteur , $\frac{1}{141}^{\circ}$. Ces deux fractions ne s'éloignent pas beaucoup de $\frac{1}{111}^{\circ}$ que M. Boscovich trouve par la théorie , en faisant varier les densités d'une manière assez naturelle. (*Voyages astron. & géogra.* édition de 1770 , pag 512 & dernière.)

(b) Clairaut, Fig. de la terre p. 198 & 303.

matière de Jupiter n'est pas homogène. Les recherches sur l'attraction des montagnes prouvent que l'intérieur de notre globe est plus dense que sa superficie : la ressemblance entre les corps du système solaire & l'analogie, font présumer que la terre n'est pas plus homogène que Jupiter ; l'applatissement de la terre doit donc être moindre que $\frac{1}{110}^{\circ}$, puisque celui de Jupiter est moindre que $\frac{1}{10}^{\circ}$.

Il est vrai que l'applatissement de $\frac{1}{507}^{\circ}$ ne s'accorderoit pas avec plusieurs des degrés mesurés, mais les différences n'ont-elle pas des causes probables ? Ici on a opéré sur les bords de la mer ; on avoit à côté de soi un abîme d'eau, qui moins agissante que les terres solides & pesantes, a pu introduire quelque déviation dans le fil à plomb. Ici on étoit au pied des montagnes, & leur masse a pu de même altérer la direction de ce fil. Partout les mesures célestes ont été assujetties à la petite incertitude inévitable dans les observations astronomiques ; il est difficile de répondre de deux à trois secondes ; trois secondes produisent 48 toises sur le degré. Les mesures géodésiques, quoique plus susceptibles de perfection & de vérification, comportent aussi quelques erreurs : on peut donc ne se pas étonner si, malgré notre industrie, toujours active & vigilante, il reste encore tant d'incertitudes, après tant d'efforts ; nos moyens sont bornés, au-delà de leur sphère, tout reste dans l'incertitude. La nature agit autour de nous, sans nous avertir ; elle peut altérer les résultats les plus vrais, soit par les causes connues, dont en certains cas l'intensité & la marche sont ignorées, soit par des causes cachées qui seront un jour découvertes. Tout est courage & industrie dans l'esprit de l'homme ; tout est source d'erreur dans le physique, soit au-dedans, soit autour de lui. Sachons douter, lorsque la certitude nous manque : contentons-nous d'être certains que la terre est applatie,

que son aplatissement ne s'éloigne pas beaucoup de $\frac{1}{300}^e$, laissons le reste aux tems à venir ou aux profondeurs de la nature, si une connoissance plus exacte nous est à jamais refusée.

Il reste une question importante, qu'il est peut-être possible de décider, c'est celle de la ressemblance ou de la dissimilitude des méridiens; les huit degrés mesurés en France, sous le méridien de Paris, offrent un point de comparaison. M. de Lisle avoit proposé en 1737 à l'Académie de Pétersbourg, d'imiter l'exemple de la France, & de prolonger la méridienne de cette ville dans les vastes dominations de l'empire de Russie. Cette méridienne auroit embrassé 22 ou 23°; celle de Moscou & celle d'Astracan auroient à peu près la même longueur. Si on eût tracé ces lignes, si on les eût liées par des triangles, pour connoître la valeur des degrés des parallèles, on auroit mesuré le quart de la distance du pôle à l'équateur. Cette suite de degrés déterminés montreroit d'une manière incontestable, si leurs variations sont uniformes; ces degrés, comparés à ceux de France, feroient juger si les différens méridiens ont une courbure semblable ou irrégulière; en même tems les degrés du méridien, comparés à ceux des parallèles, pourroient indiquer si la dépression du globe a été accomplie avec une sorte de généralité, comme la chose a dû se passer dans une masse entièrement fluide & remuée dans son entier par la rotation diurne. L'entreprise est magnifique, elle est d'une exécution pénible, couteuse, & propre à rebuter des Souverains ordinaires. Mais au tems où nous sommes, la Russie possède une Impératrice que les entreprises vastes n'effrayent point, & que les entreprises utiles encouragent. Si elle veut contribuer au progrès des sciences, elle ordonnera ces mesures dans son empire immense; elle joindra son nom à ceux des auteurs

des grandes découvertes : elle a chez elle les moyens qui nous ont manqué aux extrémités du monde ; elle peut compléter notre ouvrage ; & si les François ont eu le courage & la gloire de constater la vraie figure de la terre, c'est à la Russie à nous éclairer sur sa régularité.

La Terre & Jupiter sont les seules planetes dont l'appplatiffement ait été jusqu'ici constaté par l'expérience. Mercure & Vénus, quoique moins éloignés que Jupiter, sont encore trop loin de nous ; & sur-tout leur apparence est trop petite, pour que l'applatiffement de leur globe n'échappe pas à notre vue : leur rotation ne peut rien nous apprendre, celle de Mercure est inconnue, celle de Vénus est contestée ; ou quand on admettroit la plus prompte, celle de Dominique Cassini, qui est de 23^h , elle seroit encore trop lente pour produire un applatiffement sensible. On en doit dire autant de Mars, dont la révolution diurne est de $24^h 40'$: son applatiffement ne doit guères surpasser celui de la Terre ; & que seroit une différence de $\frac{1}{100}$, ou de $\frac{1}{300}$ sur un globe d'une si petite apparence ? Saturne, plus éloigné, Saturne qui nous cache encore la durée de ses jours, ne peut nous donner connoissance de la différence de ses axes. La Lune, qui est plus à notre portée, qui nous offre un disque plus grand, où les différences peuvent être facilement mesurées, la Lune a une révolution diurne, si lente, que ses parties ont très-peu de force centrifuge, & n'ont pu s'élever sensiblement vers son équateur ; aussi l'observation de la pleine Lune lui donne-t-elle une figure en cercle régulier, & des diamètres égaux. Cette planete peut être encore déformée, mais c'est dans un sens où il nous est difficile de nous appercevoir de son irrégularité. On sait que sa révolution diurne sur elle-même est combinée de manière, avec sa révolution périodique autour de la Terre, qu'elle

tourne sans cesse vers nous la même face, sans qu'il nous soit permis de voir son autre hémisphère : cet autre hémisphère est donc toujours plus éloigné de la Terre, & moins soumis à son action, celui qui est visible, y est, par la même raison, plus exposé ; les parties de cet hémisphère ont dû s'élever vers la Terre par cet excès de force, & la Lune doit être alongée dans le sens de celui de ses diamètres qui est dirigé vers nous. Quoique cette figure échappe à nos sens & à nos observations, quoiqu'elle n'ait été apperçue que par les yeux de la Géométrie, ce résultat ne laisse pas que d'avoir quelque certitude ; car la géométrie n'est autre chose que la raison humaine réduite à des règles & assujettie au calcul. Newton, qui possédoit parfaitement ce sens intime de l'esprit, avoit déjà donné cette figure à la Lune, & calculé que son axe dirigé vers nous, doit être alongé de 186 pieds.

Ces inégalités de figure doivent donner à son équateur un mouvement rétrograde, & à son axe un balancement semblable à la nutation de l'axe de la Terre ; aussi les Astronomes ont-ils reconnu le mouvement des nœuds de cet équateur. M. Cassini, & après lui, MM. Mayer & de la Lande ont remarqué que depuis plus de cent années les nœuds de cet équateur étoient toujours au même point du ciel que ceux de l'orbite de la Lune ; il faut donc que les uns & les autres aient le même mouvement. Ainsi la Lune, qui nous intéresse par tant de raisons, est encore remarquable par deux singularités qui peut-être n'ont point leurs pareilles dans le système du monde : l'une que la translation de cette planète autour de la Terre se fait précisément dans le même tems que sa rotation sur elle-même ; l'autre, que le mouvement des nœuds de son équateur est parfaitement égal au mouvement des nœuds de son orbite. On peut s'étonner de trouver

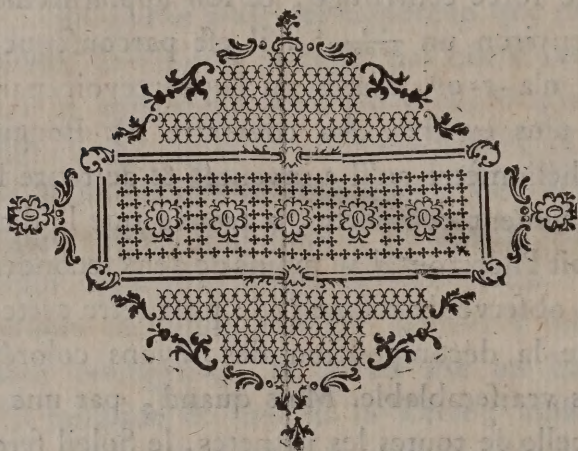
tant de conformité entre des effets qui semblent appartenir à des causes différentes.

Voilà tout ce que nous savons sur la figure des planetes solides & opâques ; il nous reste à dire un mot de celle du Soleil. Cet astre assujetti aux mêmes loix que les autres , tournant comme eux sur son axe , doit avoir une figure aplatie , comme la Terre & Jupiter ; mais sa révolution est de $25^{\frac{1}{2}}$. Cette lenteur ne donne aux parties de son globe qu'une petite force centrifuge , & son aplatissement ne doit être que d'environ un $\frac{1}{300000}^e$: il est par conséquent inobservable ; aussi n'a-t-on jamais pu l'appercevoir par les observations les plus exactes. Au contraire M. Bouguer , en se servant de l'héliomètre qu'il a inventé , & de toute la précision que cet instrument comporte , a trouvé que le diamètre vertical surpassoit l'horizontal au moins de deux secondes (a). M. de la Lande l'a observé de même (b) : peut-être cette différence vient-elle de la décomposition des rayons colorés ; c'est la cause la plus vraisemblable. Mais quand , par une disposition contraire à celle de toutes les planetes , le Soleil seroit alongé , tandis que les planetes sont applaties par les pôles , il n'y auroit peut-être en cela rien d'extraordinaire ; ces astres ne sont point de la même nature. Le soleil est un feu en activité , il est livré à une continuelle agitation : les parties constituantes des planetes sont en repos ; elles sont compactes , après avoir été fluides. Le Soleil renferme nécessairement une masse dure & solide que le feu travaille , détruit , divise , & qui à son tour doit parvenir à l'état de fluide ; les circonstances n'étant pas les mêmes , les phénomènes doivent être

(a) Mém. de l'Ac. des Scien. 1748 , p. 11.

(b) Astr. Tom. III. p. 406.

différens. Il seroit possible que le noyau solide de cet astre eût été primitivement allongé : mais il ne faut point établir des conjectures pour expliquer des faits encore peu avérés ; il nous suffit de montrer que cette exception même ne détruiroit pas la loi générale.





HISTOIRE

DE

L'ASTRONOMIE MODERNE.

DISCOURS II.

Suite des Progrès de l'Astronomie.

IL est des circonstances que le hasard semble faire concourir pour le succès des entreprises. Nous venons de rendre compte de la grande opération de la mesure de la terre ; mais dans le tems même où la France en étoit occupée , où des voyages pénibles transportoient les Astronomes vers le pôle & à l'équateur , lorsque l'industrie employoit tous les moyens connus de précision , M. Bradley découvroit en Angleterre les petits mouvemens apparens des étoiles , & fournissoit de nouveaux moyens pour cette précision nécessaire. L'ignorance de ces mouvemens étoit une des sources d'erreur dans l'ancienne mesure de Picard. On se sert des étoiles pour déterminer l'étendue

de l'arc céleste ; il faut donc bien connoître le lieu de ces étoiles , ou du moins être sûr que ce lieu apparent ne change point dans l'intervalle d'une observation à l'autre. Jadis on pouvoit les employer avec sécurité , on les regardoit comme absolument fixes : depuis on s'est apperçu que plusieurs des plus belles étoiles ont un mouvement propre ; l'aberration de la lumière , découverte en 1728 par M. Bradley , nous a fait connoître que le point du ciel où nous voyons les étoiles , n'est jamais celui où elles sont réellement : leur lieu apparent varie sans cesse dans le cours d'une année. M. Bradley , heureusement né pour les progrès de l'Astronomie , cherchant , comme nous l'avons dit (a) , à découvrir la parallaxe annuelle des étoiles , les avoit observées avec une constance & un courage dignes des nobles récompenses qu'il a obtenues. La première fut la découverte de cette aberration produite par la propagation successive de la lumière , combinée avec le mouvement de la terre. Cependant cette connoissance ne suffisoit pas encore pour rendre raison des petits mouvemens apperçus dans les étoiles ; mais lorsque dans des variations compliquées on en a saisi une qui suit des loix connues , les phénomènes deviennent plus simples , on peut y voir plus clair. Ce fut le sort de M. Bradley ; cette première découverte lui en valut une seconde : il vit que les étoiles placées près du colure des solstices , avoient un petit mouvement particulier. L'étoile γ du dragon lui parut chaque année monter constamment vers le nord , depuis 1727 jusqu'en 1736 ; ce changement indiquoit que l'étoile s'étoit approchée du pôle , ou que le pôle avoit eu un mouvement pour s'approcher d'elle. Mais comme cette étoile n'étoit pas la seule qui manifestât le phénomène ,

(a) *Suprà*, Tome II. p. 669.

il auroit fallu croire que beaucoup d'étoiles s'élevoient ainsi de concert vers le pôle par une marche égale & semblable ; il étoit plus naturel d'imaginer que le pôle lui-même s'étoit avancé. Ce pôle avoit déjà un mouvement causé par la précession des équinoxes : Newton avoit annoncé qu'il étoit susceptible d'une nutation, par laquelle il doit alternativement s'abaisser & s'élever sur le plan de l'écliptique dans l'intervalle d'une année ; mais ce changement est trop foible pour être sensible par les observations. M. Bradley reconnut dans le mouvement des étoiles vers le nord, l'effet d'une nutation semblable, mais plus longue à s'accomplir, puisque l'effet avoit augmenté pendant neuf années : à ce terme le mouvement parut s'arrêter, les étoiles cessèrent de monter ; & comme la période des nœuds de la lune est de 18 ans 224 jours, c'est-à-dire, le double du tems que M. Bradley avoit employé à suivre ces apparences, il conjectura qu'elles étoient dûes à une véritable nutation de l'axe de la terre ; nutation produite par l'action de la lune, & dépendante de la révolution de ses nœuds. Alors M. Bradley communiqua sa découverte : il se crut fondé à prédire les phénomènes qui auroient lieu dans les neuf autres années ; il pria M. le Monnier de les observer comme lui, & il annonça que pendant ces neuf années, l'étoile γ du Dragon ainsi que les étoiles voisines descendroient constamment vers le midi & se rapprocheroient de l'écliptique. Ce qu'il a prédit est exactement arrivé ; M. le Monnier, averti par l'illustre auteur de la découverte, après avoir fait les observations nécessaires, se trouva en état de fixer, comme M. Bradley, en 1745, la quantité de la nutation à $18''$ (a). L'axe de la terre s'élève ou s'abaisse sur l'écliptique, l'équateur s'éloigne ou s'approche de

(a) Mém. de l'Acad. des scienc. 1745, p. 522.

ce cercle, & leur obliquité mutuelle varie de cette quantité dans une période de 18 ans $\frac{1}{2}$. Si M. Bradley a soupçonné la cause, la démonstration en étoit réservée à M. d'Alembert. Mais l'effet de la nutation est important pour connoître, au moment que l'on veut, l'obliquité de l'écliptique, & la position des étoiles toujours déterminée relativement à l'équateur ou au pôle; cet élément entre dans toutes les recherches astronomiques. Les deux phénomènes apperçus par Bradley, sont aussi utiles à la science qu'ils sont honorables à son génie; & si jamais la perfection des instrumens donne lieu à de nouvelles recherches sur la parallaxe des fixes, comme cette parallaxe infiniment petite ne peut se manifester que par de très-petits mouvemens, il est essentiel que les étoiles soient dépouillées des variations produites par d'autres causes. M. Bradley aura donc préparé la voie: ce qu'il a atteint l'a amplement dédommagé de ce qui lui a échappé; & ce qu'il a découvert lui assure une part dans la gloire de ce qui pourra se découvrir.

Il faut avouer cependant que nous avons peu d'espérance de parvenir à mesurer la distance des étoiles. M. Bradley pense que si la parallaxe annuelle étoit seulement d'une seconde, elle auroit été apperçue par ses observations long-tems continuées, & faites avec un secteur de ving-quatre pieds de rayon. Nous ne pouvons nous flatter que les instrumens, même perfectionnés, nous permettent d'aller plus loin, & de porter la précision des mesures au-delà d'une seconde. M. Bradley pourroit bien avoir posé les limites de nos connoissances à cet égard. Cependant ce résultat ne peut avoir de force que relativement aux étoiles qui ont été examinées; on a choisi celles du Dragon & de la grande Ourse, qui passent près du zénith, parce qu'elles ne sont pas affectées de la réfraction. Qui peut dire que dans les autres régions célestes, il n'y a pas des étoiles

qui auroient quelque parallaxe ? Celles qui s'élèvent moins vers le haut du ciel , sont affectées de la réfraction ; ici nos mesures & nos calculs n'ont pas une précision égale. L'instrument répondroit d'une seconde, mais le calcul des réfractions n'en répond pas ; la légère incertitude qu'il comporte peut cacher une petite parallaxe. D'ailleurs si les belles étoiles , comme Sirius, Aldebaran , ont été suivies par un grand nombre d'observations , les petites n'ont pas été examinées avec le même soin ; peut-être qu'elles montreroient la parallaxe que les grandes nous refusent. Les étoiles sont sans doute à des distances inégales : nous ne disons plus , comme jadis les Grecs , qu'elles sont attachées à une voûte sphérique ; notre imagination plus éclairée se représente un espace presque sans bornes , où les étoiles sont semées à des distances considérables ; elles diffèrent en grandeur apparente , on les partage en classes , relativement à leur éclat. Cette inégalité vient-elle ou de la différence de la distance, ou de la différence de grandeur réelle ? Toutes les deux y contribuent sans doute ; voyons ce que donnent les déterminations actuelles. Une parallaxe d'une seconde suppose que les étoiles sont 206000 fois plus loin de nous que le soleil qui lui-même est éloigné de 35 millions de lieues : si aucune des étoiles n'a une parallaxe plus sensible , voilà la plus courte de leurs distances ; & dans le nombre de ces soleils, il y en a dont la distance peut être infiniment plus grande. D'un autre côté la lune éclipse en un instant les étoiles qu'elle rencontre , elle n'y emploie pas une seconde ; ce qui prouve que le diamètre de ces étoiles n'occupe pas un espace d'une demi-seconde dans le ciel. Ce diamètre qu'on ne peut mesurer, peut sans doute être beaucoup plus petit ; mais le soleil, avec son volume immense , reculé à cette distance 206000 fois plus grande que la sienne, auroit une étendue 206000 fois moindre

que celle qu'il nous présente, & son diamètre n'auroit que la cent septieme partie d'une seconde. Nous avons observé (a) combien il est difficile de concevoir qu'un point rayonnant, presqu'insensible, puisse, à travers tant d'espace, envoyer jusqu'à nous, & si loin, une lumière éclatante, telle que nous la recevons de Sirius : nous en avons conclu que parmi ces étoiles il y en avoit de beaucoup plus grandes que le soleil ; cependant nous ne pouvons présumer que toutes les étoiles soient dans ce cas. Les probabilités ne permettent pas de supposer que le soleil soit ni le premier ni le dernier de l'espece des soleils, & que le hasard nous ait départi le plus foible de ces grands corps destinés à éclairer & à échauffer l'univers. Si dans le nombre des étoiles que nous voyons, il y en a de plus petites que notre soleil, nous pouvons croire qu'elles sont plus proches : ce sont donc celles-là qu'il faudroit observer (b) ; peut-être nous offriroient-elles une parallaxe de quelques secondes. Mais comment entreprendre de répéter cet examen par des observations suffisantes sur la multitude des étoiles ? Le courage & la constance humaine n'y suffiroient pas : attendons que le tems nous éclaire ; il nous fournira peut-être quelques regles pour choisir les étoiles qu'il convient d'examiner. Aujourd'hui bornons-nous à favoir que le diametre des étoiles

(a) *Suprà*, Tome II, p. 686.

(b) Galilée voyant que nos instrumens les plus grands seroient insuffisans pour la parallaxe des étoiles, proposoit de se servir de l'élévation d'un édifice, ou de celle d'une montagne, pour observer la hauteur des étoiles en différens tems de l'année, en se plaçant à une grande distance. Mais, comme le remarque M. Wallis, il y a lieu de croire que l'épaisseur de l'atmosphère & les réfractions terrestres nuïroient à cette observation. Ce savant géomètre a pro-

posé des vues pour suivre cette recherche (*Transf.* 1693, n°. 202) : il nous est venu une autre idée à cet égard ; ce seroit de placer dans le fond des caves de l'Observatoire un excellente lunette, & d'observer avec un micromètre les variations de la distance d'une étoile au zénith. Cet instrument qu'on pourroit faire, pour ainsi dire, aussi long qu'on voudroit, nous feroit connoître si les petites étoiles qui passent à notre zénith, ont une parallaxe sensible.

est moindre qu'une demi-seconde , & que la parallaxe de celles qui ont été observées ne surpasse pas une seconde.

Si la distance des étoiles reconnue plus grande que deux cent mille fois la distance du soleil , est la limite de nos connoissances ; s'il ne nous est pas permis d'en déterminer plus exactement la quantité , pourquoi ferions-nous mécontents des bornes posées à nos recherches ? Nous avons beau changer d'objets , nous retrouvons ces bornes partout où nous portons nos moyens ; toutes nos déterminations ne sont que des limites. Lorsque Bradley a observé la nutation , il n'a pu dire autre chose , sinon que ce mouvement n'étoit pas plus grand , ou n'étoit pas plus petit que $18''$; il en faut dire autant de la longueur de l'année , des révolutions des planetes , de leurs distances , de leurs diamètres , &c. Il est vrai que ces limites peuvent être plus ou moins resserrées ; mais l'homme n'est pas toujours de mesure avec les diverses especes d'étendues ; tout ce qui est très - grand ou très - petit lui échappe ; qu'importe à la philosophie d'être un peu plus près , ou un peu plus loin de cette vérité absolue que nulle part elle ne peut atteindre.

Continuons à parcourir les phénomènes nouvellement découverts ; la plupart seront des preuves de la gravitation des corps & des conséquences du principe de Newton. Jupiter assez puissant pour enchaîner quatre planetes à sa suite, Saturne qui en compte une de plus dans son cortège, ne peuvent avoir cet empire sur de petites planetes , sans avoir quelque pouvoir pour se nuire , & pour se déranger mutuellement : tous les vingt ans ils se rencontrent à une certaine proximité ; & c'est là que leur action réciproque doit se développer avec toute son énergie. Kepler , Horroxe , Hevelius , Flamsteed , Maraldi avoient déjà remarqué des inégalités dans le mouvement de

Saturne (a). Le système du monde offroit dans le siècle dernier, & au commencement de celui-ci, tant de phénomènes à chercher, à découvrir, à vérifier, que ces remarques avoient été négligées. En 1746, M. le Monnier & M. Cassini s'en occupèrent, & l'inégalité fut constatée. M. le Monnier y mit le soin & les lumières que méritoit cette recherche; il discuta lui-même toutes les observations; il n'employa que celles où Saturne placé au même point de son orbite, par conséquent à la même distance du Soleil, devoit éprouver, de la part de cet astre, la même action; Jupiter seul étoit différemment placé & inégalement distant. Si les observations différoient entr'elles, la différence ne pouvoit naître que de sa proximité ou de son éloignement de Saturne; c'est ainsi que l'art des Astronomes isole une action pour en déterminer l'effet. M. le Monnier trouva que la différence étoit très-sensible, & pouvoit monter à 15' (b); cette inégalité vient de ce que le mouvement de Saturne est ralenti. Le moyen mouvement que nous supposons dans nos calculs, a été établi en partie sur de très-anciennes observations faites dans un tems où Saturne se mouvoit plus vite: ce moyen mouvement est donc trop prompt; Saturne qui a pris une marche moins pressée, ne le suit plus & s'écarte de nos calculs. Dès 1718 M. Maraldi avoit remarqué que le moyen mouvement de Jupiter étoit plus rapide (c). Jacques Cassini qui a constaté, comme M. le Monnier, le ralentissement de Saturne, a proposé une conjecture vraisemblable, il pense que ce ralentissement dans une planète & cette accélération dans l'autre tiennent à une certaine position respective des orbites; & comme cette position change par la

(a) *Transf. philos.* 1683, n°. 146.

Mém. de l'Acad. des Sci. 1749, p. 210.

(b) *Ibid.* p. 209.

(c) *Suprà* Tome II, p. 583.

progreſſion

progreſſion continuelle des abſides , il viendra un jour bien éloigné & ſéparé de nous par un nombre de milliers d'années, où les phénomènes des deux planetes changeront reſpectivement , en reſtant toujours contraires ; Saturne ceſſera de ſe ralentir pour s'accélérer , & Jupiter prenant à ſon tour une allure plus grave , ceſſera de s'accélérer pour ſe ralentir (a). Ces effets de l'attraction bien conſtatés par l'Aſtronomie , étoient un ſujet propre aux recherches géométriques : l'Académie des Sciences de Paris dénonça ces phénomènes aux Géometres de l'Europe , & propoſa pour ſujet du prix de 1748 , les dérangemens mutuels de ces deux planetes; nous en verrons le réſultat dans le diſcours ſuivant. Mais ces effets prévus ne ſont pas les ſeuls phénomènes de ce genre ; Saturne en offre un autre très-ſingulier. M. de la Lande a reconnu un dérangement conſidérable dans le moyen mouvement de cette planete; ce mouvement paroît s'être accéléré bruſquement depuis 35 ans. Dans cette recherche , M. de la Lande a pris les mêmes précautions que M. le Monnier : il a choiſi des obſervations où Saturne étoit ſemblablement placé , expoſé de la même manière à l'attraction du Soleil & à celle de Jupiter ; tout étoit donc égal. Cependant le mouvement moyen s'eſt trouvé différent dans des intervalles égaux ; il a paru ſenſiblement accéléré vers le milieu de ce ſiècle. La planete n'avoit ni cette marche , ni cette inégalité dans le dernier ſiècle ; inégalité conſidérable & plus grande que celle qui réſulte de l'effet de Jupiter. M. de la Lande , qui ſeul encore s'eſt aperçu de ce changement, s'eſt borné à l'honneur de découvrir & d'annoncer ce phénomène ; c'eſt à l'avenir à nous éclairer ſur ſa cauſe : peut-être tient-il à une cauſe générale & conſ-

(a) Mém. de l'Acad. des Scien. 1746 , p. 465.

tante , dont la loi n'est pas connue ; peut-être n'est-il que l'effet particulier d'une cause accidentelle , comme l'attraction d'une comete (a). Ce changement a été en effet trop brusque pour n'être pas le produit d'une cause accidentelle & passagère : nous voyons que cette altération a dû avoir lieu vers 1745 (b) ; il parut alors une très-belle comete. Ce seroit un sujet intéressant de recherche , que de voir si la comete s'est trouvée assez près de Saturne pour le déranger ; & dans le cas où la chose seroit possible , où la comete auroit été capable de produire un dérangement semblable à celui qui a été observé , il seroit curieux de calculer quelle a été la masse suffisante pour le produire. On en tireroit deux résultats importans , une cause pour le dérangement de Saturne , une connoissance , au moins probable , de la masse des cometes (c).

Nous passons des mouvemens des planetes à ceux des satelites de Jupiter. Leur théorie n'avoit été qu'ébauchée par Dominique Cassini ; il avoit fait plus que Galilée & tous ses contemporains ; ses successeurs devoient aller plus loin dans la carrière qu'il avoit ouverte. Dominique Cassini fixa les révolutions de ces satelites , la durée de leurs éclipses , la grandeur de leurs cercles , la position de leurs nœuds ; il crut que ces quatre cercles avoient la même inclinaison sur l'orbite de Jupiter. Ces premières déterminations avoient besoin d'être rectifiées : c'étoit beaucoup pour le tems de Dominique Cassini ;

(a) Mém. de l'Aca. des Sci. 1765, p. 361.

(b) On voit par la Table des oppositions de Saturne (*Mém. de l'Acad. des Sci.* 1765, p. 369.) que depuis 1733 l'erreur des Tables de Halley est négative : elle croît jusqu'en 1740, décroît ensuite jusqu'en 1745, qu'elle n'est plus que de $2\frac{1}{2}$. Elle devoit s'anéantir , puis devenir positive ; c'est la marche naturelle , & celle qu'offrent toutes les autres observations : point du tout ;

cette erreur négative recommence tout à coup à croître en 1746.

(c) Nous devons dire cependant qu'on avoit soupçonné cette comete d'avoir pu déranger le mouvement de Mercure ; mais le docteur Bevis adressa à la Société royale de Londres des observations de cette planete , qui prouvoient que son mouvement n'avoit point été altéré. (*Transac. philos.* 1744, n°. 473.)

c'étoit peu pour un siècle éclairé par Newton. Il faut considérer que le système ou l'assemblage de Jupiter & de ses quatre satellites est en petit, mais en tout semblable au système du Soleil environné de six planetes. L'attraction y exerce sans doute le même empire ; on peut s'attendre à y retrouver les mêmes phénomènes. Les orbites des satellites doivent être des ellipses : leurs apsidés, leurs nœuds doivent avoir un mouvement, direct pour les apsidés, rétrograde pour les nœuds ; leurs plans différemment inclinés doivent éprouver quelques variations, comme celui de la Lune ; ces petits astres sont trop près les uns des autres, pour ne pas déranger mutuellement leurs mouvemens : voilà quelle étoit la tâche des Astronomes. M. Maraldi, neveu de celui dont nous avons parlé dans le volume précédent, fit le premier pas pour ramener ces astres aux loix générales de notre système ; il découvrit que le quatrième avoit une excentricité assez apparente (a). On en soupçonne également une dans l'orbite du troisième (b). Si celles des deux autres ne sont pas sensibles, c'est que circulant plus près de Jupiter, les inégalités s'évanouissent dans des orbites trop petites. Les Astronomes de ce siècle ont donc confirmé la loi de Kepler, que tous les astres se meuvent dans des ellipses.

En même tems MM. Maraldi & Wargentin ont observé que les apsidés des ellipses de ces satellites avoient un mouvement direct, comme celles de la lune ; ils justifioient en cela la théorie de Newton, ils montraient l'accomplissement de sa loi. Quant aux inclinaisons, il fut reconnu d'abord qu'elles n'étoient point toutes quatre égales, comme Dominique

(a) On voit par les Tables de Halley, publiées en 1749, que M. Bradley avoit reconnu dès 1717 l'ellipticité de l'orbite du 4^e satellite, découverte par M. Maraldi en 1732.

(b) MM. Maraldi, Dunthorne, Wargentin & Bailly ont, dans leurs Tables, donné une petite équation du centre au troisième satellite.

Cassini l'avoit soupçonné par une première vue. M. Maraldi l'oncle fit plus, il apperçut une variation dans l'inclinaison du second satellite; le neveu confirma cette découverte en 1732. Il reconnut une variation semblable dans l'inclinaison du troisieme. Les phénomènes du même genre se confirment mutuellement: il fut donc bien constaté que les plans de ces orbites sont variables, mais d'une toute autre manière que le plan de l'orbite de la Lune; celui-ci s'abaisse sur l'écliptique, & se relève à chaque révolution. Les inclinaisons du 2^e & du 3^e satellite varient sans aucun égard à la révolution de ces astres: l'inclinaison du 2^e augmente pendant 15 ans, & diminue pendant 15 autres années; il faut une période de 30 ans pour que les choses se rétablissent, & que les variations recommencent dans le même ordre. L'inclinaison du 3^e avoit diminué constamment depuis 1668 jusques vers 1697; alors elle a commencé à augmenter jusqu'en 1763 qu'elle s'est arrêtée. M. Maraldi s'en est apperçu le premier; il a déterminé la demi-période de ces variations de 66 ans, & par conséquent la période entière de 132 ans (a). Les inclinaisons du 1^{er} & du 4^e sont les seules qui n'ayent point encore offert de variations sensibles.

Ces phénomènes du second & du troisieme paroissoient extraordinaires; car quelle pouvoit être la cause de ces variations? Les positions relatives des satellites reviennent les mêmes au bout de quatorze mois; leurs aspects à l'égard du Soleil ne peuvent que suivre le cours de Jupiter, & se renouveler par conséquent au bout de douze ans. Quelle étoit donc la cause qui avoit besoin d'un si long tems pour se développer, & qui étendoit son influence à 30 & à 132 années? Une autre singularité non moins remarquable, c'est que, tandis que les inclinaisons

(a) Mém. de l'Acad. des Scien. 1769, p. 25.

varient sensiblement , & beaucoup plus que l'inclinaison de la Lune , les nœuds , comme si tout devoit être contraire dans ce système , ont été crus long-tems fixes. Les observations montrèrent bientôt dans les nœuds du quatrième un petit mouvement ; mais par une nouvelle singularité , ce mouvement paroissoit contraire aux loix de l'attraction , parce qu'il étoit direct , au lieu d'être rétrograde comme celui des nœuds de la Lune. On pouvoit même remarquer une affectation particulière dans la position de ces différens nœuds ; les intersections des plans de ces orbites avec le cercle de Jupiter , étoient si près les unes des autres , qu'elles paroissoient répondre au même point du ciel. Enfin , pour combler toutes ces bizarreries , M. Maraldi & M. Bailly reconnurent en 1765 (a) que le nœud du second satellite avoit un mouvement libratoire ou d'oscillation , qui s'accomplissoit dans la même période que la variation de son inclinaison , & par lequel il parcouroit 19 à 20 degrés autour d'un point moyen.

Les causes de ces phénomènes bizarres & multipliés seront développées dans le discours suivant : mais ce n'est pas encore tout ; une observation attentive & suivie , ne trouva plus la même régularité dans les mouvemens des satellites. M. Bradley avoit indiqué qu'une période de 14 mois ou de 437 jours devoit rétablir les inégalités des satellites , produites par leurs attractions mutuelles , puisqu'elles ramenoient ces satellites , du moins les trois inférieurs , aux mêmes configurations. En 1726 il remarqua que dans la moitié de cette période , c'est-à-dire , en sept mois , le second satellite étoit accéléré ou retardé de 30 à 40' (b). M. Wargentin introduisit cette inégalité dans ses Tables publiées en 1746 , & il la fixa à $16\frac{1}{2}$ en plus & en

(a) Mém. Ac. des Sc. 1765, p. 491, 499.

(b) Transf. philos. 1726 , n°. 394.

moins ; il en reconnut une semblable dans le 1^{er} satellite ; d'environ $3\frac{1}{2}$ (a). Aussi ces Tables furent - elles les meilleures qui eussent encore paru ; celles du 1^{er} satellite sur - tout sont d'une très-grande exactitude. M. Wargentin a perfectionné de nouveau ces Tables : les mouvemens du 2^e satellite commencent à être assez bien représentés ; mais il s'en faut beaucoup que ceux des deux autres le soient également. Il faut de nouveaux travaux & des années, avant que les observations du 3^e & du 4^e puissent concourir avec celles du 1^{er} & du 2^e, à la recherche des longitudes. Ces inégalités, dont l'observation a démêlé la marche & la quantité, sans en connoître la cause, sont évidemment l'effet des attractions réciproques des satellites. On voit aisément que des corps si voisins doivent agir les uns sur les autres ; mais nous disons que la cause en étoit inconnue, parce que dans l'explication des phénomènes il ne s'agit pas seulement de les attribuer à l'influence d'une certaine cause, il faut encore montrer qu'elle agit seule, & que, relativement à son intensité, elle est capable de produire ces phénomènes.

Voilà ce qui concerne les altérations du mouvement des satellites de Jupiter ; mais leurs observations sont affectées d'autres inégalités que l'on peut regarder comme optiques. Quand un satellite entre dans l'ombre de Jupiter, il ne s'éclipse pas instantanément ; sa lumière diminue par degrés, & nous ne le perdons de vue que lorsque la partie encore éclairée, n'est plus assez grande, ne renvoie plus assez de lumière pour faire impression sur notre œil. Cette remarque appartient à Dominique Cassini (b) ; mais il croyoit qu'elle n'avoit d'effet

(a) M. Bradley, dès 1719, avoit soupçonné cette inégalité, & il la faisoit d'environ $3'$; mais ce qu'il en a pensé n'a été

publié qu'en 1749, avec les Tables de Halley.

(b) Mém. Ac. des Sc. Tome VIII. p. 373.

que par la différence des lunettes. M. de Fouchy fit voir en 1732 (a) que cette inégalité est générale, & varie comme la lumière même des satellites. Cette lumière est plus forte lorsque Jupiter est plus près du Soleil qui en est la source, lorsqu'il est aussi plus près de nous, & que la lumière a moins de chemin à faire pour nous être renvoyée. Alors une moindre partie éclairée suffit à notre vue : le satellite entrant dans l'ombre, disparoit plus tard, & lorsqu'il en sort, il est revu plutôt ; on sent qu'il en doit naître une inégalité sur le tems des éclipses ; M. de Fouchy s'est contenté de l'indiquer. S'il nous est permis d'occuper un coin du grand tableau tracé dans cette histoire, nous dirons que nous avons cherché à déterminer la quantité & la loi de cette inégalité (b). La lumière des satellites n'est pas seulement altérée par les deux causes dont nous venons de parler. Elle est d'autant plus foible, que Jupiter est plus bas ; elle s'épure & devient plus vive, à mesure que l'astre s'élève, en s'éloignant des vapeurs de la terre. Cette lumière s'affoiblit encore à mesure que le satellite s'approche du disque de Jupiter ; l'infériorité se fait sentir par la proximité, & la petite masse de lumière pâlit devant la grande. Nous avons mesuré la lumière des Satellites dans ces différentes circonstances, en diminuant l'ouverture de la même lunette (c) ; par ce rétrécissement, nous affoiblissions la lumière, nous l'amenions au point de s'éteindre & de nous dérober le satellite. Ce qui restoit de l'ouverture diminuée nous indiquoit la portion de lumière insensible à notre vue ; & comme notre vue &

(a) Mém. de l'Ac. des Sc. 1732, p. 419.

(b) *Ibid.* 1771, p. 580.

(c) Ce moyen ingénieux nous avoit été fourni par M. de Fouchy, fondé sur ce que la lumière reçue par l'objectif, est toujours proportionnelle à son ouverture ;

il se proposoit d'augmenter cette ouverture dans le cas où la lumière des satellites diminue, afin d'avoir toujours la même quantité de lumière, & de faire disparaître l'inégalité. C'est ce moyen que nous avons employé différemment.

notre lunette étoient toujours les mêmes, les variations de cette portion insensible dans les circonstances différentes, nous montroient les variations de la lumière totale. En diminuant ainsi l'ouverture d'une lunette, on fait disparaître à volonté le satellite : on peut donc se procurer des éclipses fictives ; nous en avons tiré un moyen de mesurer les diamètres de ces petites planetes que nous n'apercevons que comme des points brillans, & dont notre vue, aidée des meilleurs instrumens, ne peut discerner les disques. Quelques momens avant une éclipse réelle, si l'on diminue l'ouverture de la lunette, au point de voir à peine le satellite, on aura une première éclipse fictive, presqu'au moment où le petit astre touche l'ombre : en rétablissant tout-à-coup l'ouverture ; en observant ensuite l'éclipse réelle, on aura par la différence des tems, la mesure d'une grande partie du diamètre, & on trouve facilement par le calcul, le rapport de cette partie avec le diamètre entier. Cette méthode de mesurer la lumière par le rétrécissement des ouvertures, si elle étoit adoptée, deviendrait une épreuve de l'état de l'atmosphère, de celui de l'organe, de la force de la lunette, & un moyen de comparaison pour des observations faites dans des climats différens, & par des observateurs dont les vues sont inégales. Cette méthode auroit encore une utilité pour mesurer la lumière des étoiles, & pour distinguer avec plus de certitude leurs différentes classes. Mais c'est assez parler de nous-mêmes, nous revenons à des objets plus intéressans ; & à la théorie des comètes proposée, établie par Newton & développée, quant aux applications astronomiques, par Halley, Bradley, M. le Monnier, M. Maraldi, M. de la Caille, &c.

Les Astronômes François ne commencerent que vers 1740 à déterminer l'orbite parabolique des comètes dans les principes
de

de l'attraction. M. le Monnier calcula l'orbe de la comete de 1742 (a); & M. Maraldi, un an après, celui de la comete de 1729 (b). La comete de 1744 (c) acheva de dissiper les préjugés; il ne fut plus possible de soutenir qu'elle avoit décrit ni une ligne droite, ni un grand cercle autour de la terre. Jacques Cassini en fit l'aveu (d); c'est la preuve d'un bon esprit. Ces hypothèses étoient l'ouvrage de son pere & le sien; il étoit déjà âgé, les idées reçues dans sa jeunesse avoient eu le tems de jeter de profondes racines: il falloit abandonner beaucoup de travaux faits d'après ces idées; mais la vérité détruisit les anciens principes reconnus pour des préjugés, & fit abandonner les travaux qui n'avoient pas été pour elle. Jacques Cassini calcula cette comete dans une parabole, comme Newton, & cet hommage étoit éclatant; il fut rendu par le nom le plus illustre dans l'Astronomie. Halley avoit déterminé les orbites de vingt-quatre cometes observées avant lui, ou par lui; il en avoit paru plusieurs depuis. Ces astres nouveaux qui viennent nous visiter, & se faire connoître ainsi les uns après les autres, demandent non seulement d'être observés, mais que le calcul saisisse les caractères qui les distinguent (e), pour pouvoir les reconnoître un jour, lorsqu'ils reparoîtront. L'Astronomie qui a ses fastes, comme l'Histoire du monde, doit donc consigner dans ses registres, & leurs apparitions, & leurs caractères (f). M. de la Caille entreprit

(a) Histoire de l'Acad. des Scien. 1742, p. 83.

(b) Mém. de l'Acad. des Scien. 1743, p. 193.

(c) Cette comete fournit un exemple que l'égalité de l'intervalle des apparitions ne suffit pas pour établir l'identité des cometes. Celle-ci avoit paru 79 ans après celle de 1664. On trouvoit, en remontant de 79 ans

en 79 ans, onze apparitions successives de cometes; cependant la comete de 1664 avoit des élémens & des caractères très-différens de ceux de la comete de 1744.

(d) Mém. de l'Acad. des Scien. 1744, p. 305.

(e) *Suprà*, Tome II. p. 543.

(f) Nous en comptons aujourd'hui plus de 72.

de compléter le travail de Halley (a) : il calcula un assez grand nombre de comètes ; mais il abandonna ce soin & ce travail à M. Pingré (b), qui se proposoit de faire une Histoire & un Traité général des comètes (c).

Il en parut une en 1747, & deux en 1748 : on approchoit du tems où l'ingénieux Halley avoit annoncé que devoit paroître la comète de 1682, après une période de 76 ans ; si cette période étoit réellement celle de la comète, il n'y avoit point de doute qu'on ne dût revoir cet astre vers 1758. Au mois de Septembre 1757, il parut en effet une comète qui réveilla l'attention des Astronomes ; mais lorsque M. Pingré eut calculé son orbite, on reconnut que cette apparition n'étoit point l'apparition désirée. La comète étoit absolument nouvelle, & ne ressembloit par aucun caractère à l'astre de 1682. Le retour de cet astre devenoit un événement important pour la connoissance du système du monde, pour la démonstration des principes de Newton, enfin pour établir une grande vérité, celle de l'identité des comètes & des planètes, qui les unes comme les autres, décrivent des courbes fermées, des ellipses, & sont assujetties à des retours réglés & périodiques ; avec cette seule différence que les unes s'éloignant infiniment plus que les autres, reviennent & se rapprochent plus tard & moins souvent. Mais comme si le ciel eût voulu tromper les Astronomes & se jouer de leur impatience, l'année 1758 vit paroître deux comètes qui n'étoient point encore celle qu'on attendoit. Enfin cet astre si intéressant fut aperçu

(a) Mém. de l'Acad. des Scien. 1746, p. 405.

M. Struik, Astronome Hollandois, ajouta en 1749 aux 24 comètes calculées par Halley, 21 autres qui avoient paru

depuis 1707 jusqu'en 1748. *Transf. philos.* 1749, n°. 492.

(b) Mém. de l'Ac. des Sc. 1760, p. 53.

(c) Cet ouvrage intitulé Cométographie, est actuellement sous presse.

à Paris le 21 Janvier 1759 : M. Messier découvrit celle-ci le premier en France ; M. Messier destiné à découvrir tant de comètes, & qui a mérité ces faveurs du ciel par un zèle infatigable, aujourd'hui, en 1781, en a observé 19, dont il en a découvert 16. Ces comètes, sans sa vigilance active, se feroient peut-être inutilement approchées de nous ; ce sont seize corps dont il a enrichi le système solaire (a). Il s'efforçoit alors dans l'art de chercher ces astres nouveaux & inattendus. Cette comète fut observée par tous les Astronomes de l'Europe ; ses élémens calculés se trouverent entierement semblables à ceux qu'elle avoit eus dans les précédentes apparitions. Il fut donc bien démontré que les mêmes comètes se remon-trent après des intervalles à peu près égaux, & que leur mouvement périodique autour du Soleil est aussi constant & aussi régulier que celui des planètes. Ainsi après trois ou quatre mille ans, nous sommes revenus, sur ce point, au même degré de connoissances où étoient parvenus jadis les Chaldéens, connoissances qui ont eu alors Epigenes pour témoin (b). Ce n'est cependant qu'avec grand-peine, à travers plusieurs préjugés introduits, & par les observations & les réflexions d'un siècle entier, que cette vérité de la nature a été constatée. Mais si l'on considère nos efforts pour l'admettre, ou pour lui résister, nos travaux pour éclaircir cette grande question, nos

(a) M. Mechain, avantageusement connu dans l'Astronomie, a découvert cette année 1781, deux comètes ; il en a calculé les élémens. Ceux de la seconde ressemblent un peu à ceux de la comète de 1337, en prenant un milieu entre la théorie de Halley & celle de M. Pingré. Sa période pourroit donc être de 444 ans, à moins qu'elle n'eût reparu, sans être remarquée, & que ce nombre de 444 années ne fût la somme

de plusieurs révolutions. Mais les observations de 1337, sur-tout celles de Gregoras, sont trop incertaines, pour que l'on puisse tirer légitimement aucune conclusion sur l'identité de ces deux comètes, & sur la durée de leurs révolutions.

(b) Astr. anc. p. 391. Il disoit que les Chaldéens rangeoient les comètes au nombre des planètes, & étoient parvenus à connoître leur cours.

doutes qui n'ont cédé qu'à la démonstration , à l'évidence des principes & des faits , on pourra juger de ce qu'il en a dû coûter d'efforts & de travaux aux Chaldéens ou au peuple leur prédécesseur , pour nous laisser cette vérité si long - tems stérile. Ainsi souvent les travaux des générations sont perdus , comme leur expérience : au moral les fautes d'un homme , ses malheurs ne sont pas toujours une leçon pour ses semblables ; & relativement aux sciences , les efforts qu'une nation a faits pour s'instruire & pour se convaincre , lorsqu'ils n'ont point laissé de traces , lorsque les résultats restent seuls & isolés , sont également perdus pour l'instruction & la foi des siècles. Mais cette vérité du retour des comètes , que nous allons transférer à nos neveux , est un grand résultat ; c'est le fruit de notre expérience & de deux siècles de travaux. La même vérité conservée chez les Chaldéens , sous la forme d'opinion , étoit peut être également le fruit des travaux & de l'expérience ; alors elle étoit fille des tems qui avoient précédé , du beau jour qui n'éclaircit plus , comme aujourd'hui elle est née des tems que nous quittons , & de la lumière qui luit encore.

Dès que les comètes parcourent des courbes qui reviennent sur elles-mêmes , dans des tems limités , ces courbes , ces ellipses , quoique très-allongées , sont décrites comme les orbes presque circulaires de nos planètes : tout ce qui est de la nature céleste accomplit les loix découvertes par Kepler ; ces loix , mieux exécutées que celles des hommes , ne souffrent point d'exception , l'éloignement n'en affranchit pas , & malgré la distance , les comètes y sont soumises aux extrémités de notre monde solaire. On retrouve dans ces astres nouveaux la même proportionnalité des aires & des tems , le même rapport entre les révolutions périodiques , & les diamètres des orbes. Au moyen de ce rapport , il est facile de déterminer à quelle

profondeur la comete qui nous occupe maintenant, celle de 1759, peut s'enfoncer dans le ciel & s'éloigner de nous, à l'extrémité de son ellipse alongée; le diametre de cette ellipse est dix-huit fois plus grand que le diametre de l'orbe de la terre. La comete s'est approchée du Soleil plus près que nous ne faisons jamais, & presque de moitié, c'est-à-dire, à la distance d'environ vingt millions de lieues; mais dans cette ellipse aplatie, un éloignement considérable succede à cette proximité. La comete, lorsqu'elle est au terme le plus reculé de sa course autour du Soleil, en est distante, & par conséquent de nous, de 1300 millions de lieues; son éloignement est donc 65 fois plus grand que sa proximité. La comete la plus extraordinaire dans ce genre, est celle qui parut en 1680, dont Halley a estimé la période de 575 ans, & présumé le retour vers l'an 2255; il s'écoulera nombre de générations, & le monde aura subi bien des changemens avant ce retour. Cette comete, qui embrasse tant d'années dans sa période, doit parcourir un vaste circuit; aussi son ellipse, plus alongée peut-être qu'aucune autre, a-t-elle un diametre 69 fois plus grand que celui de notre orbe. La comete descendue d'une distance de plus de 5700 millions de lieues, s'est approchée du Soleil à moins de deux cent mille lieues. Telles sont les alternatives où ces astres sont exposés par leurs longues excursions; après la chaleur éprouvée à cette courte distance, ils s'en vont dans des profondeurs, où les rayons du Soleil n'arrivent point, ou arrivent presque éteints. Sans doute l'énorme chaleur qu'ils ont éprouvée, cette chaleur assez forte pour élever de leurs globes des colonnes de vapeurs, se conserve & tempere le froid des régions où leur course les ramene; cependant ces alternatives sont assez grandes pour faire douter que les cometes puissent être habitées. Les générations n'y sont-

elles pas détruites ou par le froid , ou par la chaleur ? La vie a besoin d'une température moyenne , & toujours à peu près la même ; il semble qu'elle doive être absente des globes où se succèdent tour à tour les deux extrémités de la nature. Mais cette nature a des compensations souvent inconnues ; elle oppose l'une à l'autre les causes destructives , tout dans l'univers n'est qu'équilibre ; & c'est sur cet équilibre que sont fondées la vie & la durée de toutes les choses.

Outre la comète de 1759 , dont le retour est assuré , & celle de 1680 , dont la révolution est présumée sur de fortes probabilités , il est encore deux autres comètes qui ont paru en 1264 & en 1532 ; & qui ont décrit une seconde fois les mêmes orbites , l'une en 1556 , après un intervalle de 292 ans , l'autre en 1661 , après un intervalle de 129 ans. La première doit reparoître en 1848 ; la génération actuelle ne la verra pas. La seconde , dont la révolution s'achèvera en 1790 , est attendue par les Astronomes ; nous avons l'espérance de voir son apparition , & nous touchons presque au moment de cette seconde preuve de la régularité du cours des comètes.

Voilà donc quatre comètes dont la révolution peut être regardée comme connue : il en est une cinquième dont nous n'avons point vu le retour , mais dont on a essayé de calculer la révolution ; c'est celle de 1769. Newton qui enseigna que tous les astres assujettis au Soleil , & tournans autour de lui , se meuvent dans des ellipses , n'a prescrit de calculer les comètes dans un orbe parabolique , que par approximation ; c'est parce qu'une ellipse fort alongée se confond vers chacune de ses extrémités avec une parabole. Cette route qui n'est pas exactement la vraie , suffit pour établir les caractères de l'orbite & du mouvement de la comète , comme pour représenter

les observations ; mais si cette orbite étoit peu alongée , si l'ellipticité étoit plus marquée dans la route , cette route s'écarteroit de la parabole , & les lieux de l'astre calculé dans une supposition fautive , s'écarteroient d'autant plus de ceux qui ont été observés dans la vraie route. Si les observations mêmes étoient faites avec une grande exactitude , elles pourroient montrer combien la parabole supposée s'éloigne de la vraie ellipse , & déterminer la nature de cette dernière courbe. M. de la Lande avoit déjà essayé cette recherche sur la comète de 1759, dont la révolution est bien constatée ; il a vu qu'en employant trois observations , cherchant l'ellipse qui doit passer par ces trois points du ciel & satisfaire à tous les phénomènes , on auroit pu estimer le tems de la révolution à trois ans près (a). Ce seroit beaucoup si l'on pouvoit connoître ainsi les révolutions de toutes les comètes observées ; mais la chose est souvent difficile. M. Euler , conjointement avec M. Lexel , en a fait l'essai sur la comète de 1769 : ils ont employé des méthodes géométriques qui leur appartiennent ; & ils ont trouvé le diamètre de l'ellipse de cette comète soixante-une fois plus grand que celui de l'orbite de la terre , & le tems de la révolution employé à parcourir cet orbe de 482 ans (b). L'erreur des observations peut limiter beaucoup l'exactitude de ces déterminations : les deux géomètres ont apprécié que s'il y a une minute d'erreur sur chacune des trois observations , le tems de la période sera renfermé entre 519 & 449 ans (c) ; ce qui est une grande incertitude. Cependant il seroit encore à désirer d'avoir de pareilles estimations sur toutes les comètes connues. Quoique ces estimations fussent peu utiles pour prévoir leurs

(a) Astronomie Tome II. , p. 377.

(b) Recherches & calculs sur la vraie orbite

de la comète de 1769. *Petersb.* 1770, p. 136.

(c) *Ibid.* p. 149.

retours & pour les chercher dans le ciel, elles serviroient à classer les comètes, suivant la durée de leurs cours, & à en connoître à peu-près l'étendue & les limites.

Nous en avons actuellement cinquante-huit autres qui ont été suivies & observées, & dont les caractères établis serviront à les reconnoître un jour; mais on ne doit pas douter qu'il n'y en ait beaucoup davantage. Jadis on n'observoit que celles qui se faisoient distinguer par leur éclat, & par l'étendue de leurs queues, celles qui inspiroient de l'effroi : mais ces apparitions remarquables sont rares; il y en a plus d'obscures que d'éclatantes. Elles se sont multipliées par l'invention des lunettes : aujourd'hui on lit mieux dans le ciel; cet instrument y saisit les objets qui échapperoient facilement à la vue. Depuis qu'on cherche les comètes, depuis que M. Messier y a consacré ses veilles, il en est peu qui passent sans être apperçues; & grace aux soins de cet Astronôme, il n'est point d'année qui ne puisse être désignée par une comète. Notre système solaire long-tems borné en apparence à ses sept planètes, puis aux neuf satellites récemment découverts, est donc encore plus riche de ce qu'on ne voit pas que de ce qu'il expose tous les jours à nos yeux; ces richesses n'étant déployées que successivement, il n'appartient qu'à une postérité reculée d'entreprendre de les compter. Le nombre des comètes, sans être infini, peut être très-grand; les révolutions connues sont entre 75 & 575 ans. Quand celles-ci seroient la plus courte & la plus longue de toutes, on en pourroit imaginer beaucoup d'autres intermédiaires : mais qui nous a dit que ce sont là les limites de leurs périodes? Nos connoissances ne sont point les bornes de la nature : au reste, en partant seulement de la comète de 1680, & de sa révolution de 575 ans, on voit combien l'Astronomie est une science vaste, appuyée sur le tems, & qui

qui s'étend lentement & sans mesure avec lui. Il faut donner à l'Europe , à sa civilisation , à son goût pour les sciences , encore une durée de cinq siècles pour revoir cette comète , pour s'assurer que les raisons de probabilité qui ont établi sa période , sont des raisons légitimes : aussi cette science n'a point encore pris tout son accroissement , & ne le prendra peut-être jamais ; bien différente de la Géométrie , qui , en deux siècles dans la Grece , & en moins de deux siècles en Europe , a presque atteint la haute perfection dont elle est susceptible. Mais c'est que l'une est une science de l'homme , l'autre l'est de la nature ; l'une est une méthode de l'esprit , l'autre est un développement des choses : l'une est en nous , c'est une idée abstraite qui y est née , que nous considérons à loisir & à tous momens ; l'autre est hors de nous , elle embrasse la nature & le tems ; il faut parcourir la nature , il faut que le tems s'écoule , pour amener sous nos yeux les détails & l'ensemble d'une idée aussi étendue que les révolutions célestes. Les peuples se détruisent , les hommes se lassent ; ils n'ont point la constance d'épuiser ni les phénomènes , ni la durée ; on a vu que l'Astronomie a été plus d'une fois abandonnée & reprise ; & lorsque ses vestiges ont été effacés , lorsque les mémoires ont été perdus , on a été obligé de recommencer la carrière parcourue. Il a fallu redemander à la nature un nouveau développement , & au tems de nouveaux siècles.

Nous sommes en doute sur les limites de la révolution des comètes : s'il est possible qu'il y en ait dont la période excède 575 ans , il sembleroit que celle de 75 ou 76 ans devroit être la moins longue , puisque ces astres étant assidûment observés depuis un siècle , des révolutions plus courtes auroient été déterminées. Mais outre que le jour & la présence du soleil doivent nous dérober quelques apparitions de comètes , si les

circonstances combinées de notre position & de leur mouvement ne leur permettent pas de paroître la nuit, un phénomène nouveau & très-extraordinaire doit nous rendre très-réservés sur les conclusions de cette espece. En 1770 il parut une comete, qui fut découverte à Paris le 14 Juin par M. Messier; on la vit avant & après son passage au périhélie. Dans le premier cas elle eût une grande vitesse & une apparence très-étendue; ce qui marque qu'elle passa fort près de la terre. Son noyau mal terminé n'avoit guères que $1\frac{1}{2}$; mais elle étoit entourée d'une nébulosité blanchâtre qui avoit plus de 2 degrés de diametre (a); elle paroissoit donc beaucoup plus grande que la lune. Plusieurs Astronômes, & entr'autres M. Prosperin, Astronôme Suédois, s'occupèrent de calculer ses élémens: les résultats des calculateurs furent différens; M. Prosperin lui-même trouva que les mêmes élémens ne pouvoient pas représenter les observations tant avant qu'après le périhélie, & dans les différentes parties observées de la trajectoire. Il proposa trois suites d'élémens qui différoient sensiblement entre eux; ces trois suites appartenoient à trois paraboles. La comete auroit donc changé de route: cela ne peut arriver que par l'effet de quelque perturbation éprouvée; c'est ce que M. Prosperin imaginoit, & il attribuoit ces dérangemens à la terre (b). Mais M. du Séjour a fait voir (c) que cette comete, dans sa plus grande proximité, n'en avoit approché qu'à la distance de 750000 lieues; sa pesanteur vers la terre ne la faisoit tomber que de sept milliemes de ligne par seconde, tandis qu'elle marchoit avec une vitesse de plus de 39000 pieds aussi par seconde: passant si vite, il est bien difficile qu'une action

(a) Mémoires de l'Aca. des Scien, 1776, p. 604.

(b) Ibid. p. 631.

(c) Essai sur les comètes, p. 128.

si foible ait pu la déranger considérablement. Il ne reste qu'une supposition à faire, c'est que son orbe réellement elliptique est trop peu alongé, trop peu excentrique, pour pouvoir se confondre vers le périhélie avec une parabole. La différence des résultats vient donc du défaut de légitimité dans les suppositions. Mais cette différence, au lieu d'être un inconvénient, offroit un avantage; elle annonçoit que la vraie espece de l'orbite étoit caractérisée dans la courbure de la route; par conséquent en saisissant ce caractère exprimé dans les observations, on pouvoit connoître l'espece d'ellipse à laquelle elles appartenoient. C'est ce qui fut tenté par M. Lexell, Géometre & Astronôme de Pétersbourg. Nous avons vu par les principes de Kepler & de Newton, que l'ellipse est déterminée, du moins en partie, par la durée de la révolution (a); il ne s'agissoit donc que de supposer différentes révolutions, & d'adopter celle qui représenteroit le mieux les observations. M. Lexell fut bien étonné de trouver qu'il falloit une période de cinq ans & demi, ou du moins entre cinq & six ans. Le calcul fondé sur cette période donnoit à la comete le même lieu dans le ciel que l'observation, & avec une exactitude presque égale à celle qu'on obtient pour les planetes dont le cours est le mieux connu; hors de ces limites, un an de plus ou de moins sur la période introduisoit dans le calcul des erreurs énormes, que les observations ne comportent pas. M. Lexell, digne élève du célèbre Euler, jouit d'une réputation bien méritée; ses résultats n'ont pas besoin de garans. Cependant les témoins ne sont jamais superflus, lorsqu'il s'agit de faits ou de vérités, & sur-tout de faits & de vérités extraordinaires. Nous dirons que cette année même (1781) M. Pingré a refait les mêmes

(a) Elle ne donne que le diametre, mais la distance périhélie connue par observa-

tion, retranchée du demi-diametre, donne l'excentricité.

calculs, & a trouvé, comme M. Lexell, que les observations de cette comete exigeoient une période de 5 ans $\frac{1}{2}$. Nous sommes donc forcés d'admettre cette conclusion singulière; il est évident que la partie de courbe décrite par la comete, & observée dans le tems de son apparition, appartient à un orbe qui seroit décrit en cinq ans & demi. Mais est-ce l'orbe naturel & primitif que la comete a dû décrire? Cette comete, qui doit revenir périodiquement après ces courts intervalles, cette comete, qui est toujours autour de nous, puisqu'elle ne s'éloigne jamais plus que Jupiter, & s'approche presque comme la Lune (a), comment n'a-t-elle été vue que cette fois? Comment ne l'est-elle pas plus long-tems, & dans la plus grande partie de sa révolution? Elle n'a point reparu en 1776. M. Lexell, qui avoit prévu toutes ces objections, y a répondu d'avance: il a remarqué que cette comete en 1767, étant dans son aphélie, s'étoit trouvée très-près de Jupiter, elle en étoit 58 fois (b) plus près que du Soleil; Jupiter par sa masse comparée à celle du Soleil, devoit avoir alors trois fois plus de force, à cause de cette proximité, & exercer une action trois fois plus grande que celle de cet astre. La comete dans son aphélie, se meut lentement; elle a dû être plus long-tems exposée à cette action, qui, par son intensité & par sa durée, a pu produire de grands dérangemens, dénaturer l'orbite, augmenter la vitesse, & rendre par conséquent la révolution beaucoup plus courte. Cette orbite dénaturée,

(a) Elle s'en approche, du moins à une distance qui n'est que huit à neuf fois plus grande.

(b) On lit 80 dans l'écrit de M. Lexell, inséré dans le Mémoire de M. Messier. (*Ac. des Scien.* 1776, p. 648). Dans la Lettre latine, originale de M. Lexell à M. Messier,

on lit 58 *vam*; ce qui doit signifier *quinginta octavam*, la 58^e, & non la 580^e partie. Une distance 580 fois plus petite donneroit une force trois cent fois plus grande. M. Lexell dir expressément trois fois, ce qui suppose une distance seulement 58 fois plus petite.

cette vitesse accélérée, sont celles que nous avons observées. Mais la comete doit-elle rester dans cette route nouvelle que Jupiter lui a fait prendre? C'est ce qu'il est impossible de supposer. L'astre dans cette orbite même est nécessité à des rencontres semblables à celles où il s'est déjà trouvé: son cours le fait passer très-près de Jupiter; cette planete peut lui ôter ce qu'elle lui a donné. Le 23 Août 1779, la comete a dû se trouver dans cette grande proximité; la force de Jupiter y a dû être 224 fois plus grande que celle du Soleil: Jupiter, agissant avec cette énorme supériorité, doit se rendre, pour ainsi-dire, le maître du mouvement de la comete, & opérer des transformations, qui, lorsqu'elle reparoîtra, la montreront comme un astre nouveau. Tous ces phénomènes tendent à prouver l'universalité de l'attraction proportionnelle à la masse, mais diminuant par la distance; on ne peut douter que les corps n'agissent les uns sur les autres. La comete enchaînée, comme les planetes, au joug du Soleil, pour s'être approchée trop près de Jupiter, a perdu le privilège de s'étendre au loin dans l'espace. Chacun est puissant dans son domaine; quand on approche des Grands, on est entouré de leurs chaînes & saisi par leur empire; on ne jouit de sa liberté qu'en s'éloignant d'eux, & sur-tout en évitant les despotes subalternes, devenus forts par l'éloignement du Souverain.

Au moment que nous écrivons, un phénomène qui semble inexplicable, un astre nouveau & extraordinaire fixe l'attention de l'Europe savante; un Allemand nommé M. Hartchell, l'a découvert en Angleterre, à Bath, le 17 Mars 1781. On a jugé d'abord que c'étoit une comete; les astres nouveaux qui changent de lieu, qui ont un mouvement suivi, semblent ne pouvoir être que des cometes. Cependant celui-ci n'en a point les caractères: il n'a ni barbe, ni chevelure, ni queue. Bien

des comètes observées depuis un siècle, ont paru dépouillées de cette traînée lumineuse qu'on a nommée leur queue, & dont le spectacle inaccoutumé a si souvent effrayé les esprits; mais on n'a jamais vu aucune comète qui ne fût environnée d'une nébulosité blanchâtre, espèce d'atmosphère dont les formes variées, bizarres, & certaines ressemblances lui ont fait donner le nom de barbe ou de chevelure. L'astre nouveau en est entièrement privé: il est petit, mais brillant, d'une lumière vive; il est en tout semblable aux petites étoiles désignées de la sixième grandeur. Confondu parmi elles, on ne peut le distinguer que par l'observation de son mouvement; mouvement qui est lent & d'environ deux minutes par jour. Cet astre a paru suivre l'écliptique, jusqu'à ce moment où il est enveloppé des rayons du Soleil; à la sortie, l'observation pourra nous éclairer sur sa nature. Cet astre, quel qu'il soit, ne peut être qu'une comète, une planète ou une étoile; mais dans tous les cas, c'est un phénomène extraordinaire. Comme comète, n'ayant ni nébulosité ni queue, il seroit le premier qu'on eût observé de ce genre; mais cette circonstance ne seroit pas son unique singularité. Un amateur illustre de l'Astronomie, M. le Président de Saron, a calculé quel seroit l'orbite de cette prétendue comète; il a trouvé qu'elle étoit actuellement éloignée de nous deux fois plus que Saturne, dix-huit fois plus que le Soleil, & qu'elle n'arriveroit à sa plus grande proximité de cet astre qu'en 1784. Aucune comète n'a paru trois ans avant son passage au périhélie, aucune comète n'a été vue à une si grande distance, à une distance double de celle de Saturne. Les calculs dont nous parlons ne peuvent être tout-à-fait exacts, parce qu'on n'a encore observé qu'une petite partie d'un mouvement très-lent; ils ne le sont même point du tout, si l'astre n'est pas une comète, parce

qu'on a supposé qu'il marchoit suivant leurs loix, qu'il décri-
voit en apparence une parabole, comme elles ont coutume de
le faire. Si on faisoit passer une courbe de ce genre, comme
cela est possible, par trois lieux observés de Saturne, on n'ob-
tiendrait que des résultats faux, parce qu'on lui supposeroit
une marche qui n'est pas la sienne. Si l'astre est une planète,
il faut donc avoir recours à d'autres méthodes; cette opinion
commence à prévaloir en France & en Angleterre. M. Lexell
nous mande de Londres qu'on y représente toutes les observa-
tions, en supposant que l'astre se meut dans un cercle dont le
rayon est double de celui de Saturne. Ce seroit donc une pla-
nète qui jusqu'ici auroit échappé aux observations; on ne
doit pas en être étonné, puisqu'elle se confond si bien avec
les étoiles, que ceux qui ont fait des catalogues ont dû l'ob-
server, & l'inscrire comme telle. M. Messier pense même qu'on
pourroit expliquer par-là pourquoi certaines étoiles marquées
dans les catalogues, ne se trouvent plus dans le ciel. Les posi-
tions de ces étoiles ne seroient que les positions passagères de
la planète trouvée en différens lieux, dans différens tems,
& par différens observateurs; mais il reste encore à expliquer
pourquoi cette planète si petite en apparence, si prodigieuse-
ment éloignée de nous, nous renvoie une lumière si vive, une
lumière étincelante, comme celle des étoiles. Ce caractère
sembleroit rapprocher l'astre inconnu de la nature de ces astres
regardés comme fixes & comme lumineux par eux-mêmes. La
multitude des étoiles est dans un repos parfait; leurs places
sont les mêmes dans le ciel, leur distance respective ne change
point: si quelques-unes se sont écartées de cette loi générale,
ce sont les plus grandes. D'ailleurs, ces mouvemens observés
dans quelques étoiles sont très-lents; il a fallu vingt siècles
pour s'en assurer. Celui-ci est d'une toute autre espèce, il se

fait remarquer d'un jour à l'autre; il n'auroit rien de commun avec le mouvement particulier, peu sensible, reconnu dans d'autres étoiles. Une étoile, ou plutôt un soleil accompagné sans doute de planetes qui escortent sa masse, & qui lui obéissent, voyageant ainsi dans l'espace avec une certaine vitesse, un soleil qui s'approcheroit peut-être de nous, qui viendrait nous offrir un nouveau spectacle, nous échauffer de ses feux, nous éclairer de sa lumière, seroit un grand sujet de curiosité, de recherche & d'admiration pour nous & pour notre postérité.

Mais cette dernière supposition est la plus difficile à admettre; si cet astre étoit un corps volumineux, comme le soleil, il seroit, en conséquence de sa petitesse apparente, à une distance énorme, & encore infiniment plus grande qu'on ne le suppose. Malgré la lenteur de son mouvement observé, il auroit, à cette distance, une vitesse prodigieuse. L'avenir seul peut nous éclairer sur la nature de cet astre singulier: si dans quelque tems nous le perdons de vue, on le rangera au nombre des corps qui ont un orbe très-alongé, & qui ne sont visibles pour nous que dans une petite partie de leur cours, ce sera une comete; s'il reste toujours visible, cette circonstance le placera au rang des planetes, qui semblent nous appartenir de plus près, & qui ayant des orbites presque circulaires, s'approchent & s'éloignent de nous par des distances moins inégales. Dans cette dernière hypothèse, & dans la supposition d'une distance double de celle de Saturne, le nouvel astre, conformément à la loi de Kepler, auroit une révolution moindre que le triple de celle de cette planete, c'est-à-dire, entre 80 & 90 années: sa marche demande donc une longue étude; & si la génération actuelle a l'avantage d'enrichir notre système d'une nouvelle planete, ce sont les générations suivantes

suivantes qui fixeront les élémens de son mouvement, & les dimensions de son orbite.

Si de cette Astronomie imposante, qui considère la nature éloignée, nous revenons à nous, à notre globe, à notre atmosphère, nous trouverons dans ces derniers tems des recherches moins sublimes, mais encore plus utiles; ce qui est près de nous, nous tient de plus près, & devient d'un usage plus familier & plus nécessaire. La réfraction de la lumière, ce phénomène qui s'opère tous les jours, à tous momens, a besoin d'être d'autant mieux connu, qu'il affecte toutes les observations, & que nous montrant les astres où ils ne sont pas, si nous voulons dire où ils sont réellement, il faut que nous puissions rendre compte de sa marche & de ses variations. On soupçonnoit depuis Tycho que la réfraction ne devoit pas être la même par toute la terre, ni dans les différentes saisons (a). Kepler pensoit qu'elle diminueoit lorsqu'on s'élevoit sur le globe, & il annonçoit qu'à une certaine hauteur il n'y auroit plus de réfraction sensible (b): mais la raison n'admet pas toujours au rang des vérités toutes les vues du génie; elle ne croit posséder, & n'inscrit dans les fastes des sciences que les phénomènes démontrés par les observations. D. Cassini avoit supposé dans l'atmosphère un certain pouvoir réfractif, qui ne s'étendoit pas au-delà de 2000 toises de hauteur; il place à cette distance une enveloppe sphérique, réfringente, où se fait la réfraction, où le rayon se courbe pour continuer ensuite sa route en ligne droite (c). Il suppose par-là que l'atmosphère ne change de densité qu'une fois, & à cette hauteur de 2000 toises; au-dessus, comme au-dessous, tout est d'une

(a) *Suprà*, Hist. de l'Astr. mod, Tome II, page 16.

(b) *Ibid.* p. 18.

(c) *Ibid.* p. 361.

densité uniforme , ce qui répugne aux loix de la Physique. D'ailleurs la hauteur d'un astre paroîtroit plus grande au sommet qu'au pied d'une montagne ; la réfraction y seroit donc plus forte , ce qui est contraire à la pensée de Kepler , & à la vraisemblance. Il est naturel de croire que la densité de l'air varie insensiblement d'une couche à l'autre ; la surface réfractive de Cassini n'est qu'une surface fictive où il place un pouvoir réfringent , unique & moyen entre toutes les réfringences variables des différentes couches. Cette quantité moyenne doit changer comme le nombre des quantités qui la composent ; d'où il résulte qu'en s'élevant dans l'atmosphère sur une montagne , la surface réfractive doit s'élever & s'éloigner proportionnellement. Cette hypothèse peut être bonne , comme approximation , mais elle n'est point conforme à la nature. Le rayon de lumière se rompt à chaque pas dans l'atmosphère , il suit une courbe qu'il faut déterminer à l'aide de la géométrie ; c'est ce qu'a entrepris M. Bouguer. Physicien , Astronôme & Géomètre , il ne lui manquoit rien pour ces recherches ; le Pérou & les Cordilières lui offroient de grandes ressources ; il avoit à sa disposition tous les climats , toutes les températures & les plus grandes hauteurs du globe. Il trouva constamment au bord de la mer , sous l'équateur , les réfractions plus petites qu'en France ; ainsi on peut conclure de ce résultat , comme de l'observation faite en Suede , comme de celle des Hollandois dans la nouvelle Zemble (a) , que la réfraction moindre à l'équateur , croît à mesure qu'on s'avance vers les pôles. Cette variation naît de la différence d'un air dilaté par la chaleur à un air condensé par le froid , & par-là devenu plus réfringent. M. Bouguer , transporté à Quito sur un sol élevé de 1466

(a) *Suprà* , Tome II , p. 16.

toises , y trouva les réfractions plus petites qu'au niveau de la mer ; & cela doit être , parce que le rayon ayant moins de chemin à faire , serompt moins. M. Bouguer , monté sur Pichincha , & plus élevé que Quito de 527 toises , y trouva encore les réfractions diminuées ; la différence étoit sensiblement égale à ce qu'on appelle la réfraction terrestre. En effet la différence de ces réfractions est celle qui a lieu dans le trajet d'une station à l'autre ; c'est la courbure que le rayon de lumière souffre dans ce passage (a). Il fut donc bien reconnu que les réfractions avoient deux sources d'inégalités : l'une qui les diminue , en s'avancant du pôle à l'équateur ; l'autre qui les diminue aussi , en s'élevant de la surface de la terre à différentes hauteurs. Quoique la réfraction ait lieu dans toutes les couches de l'atmosphère , & depuis l'entrée du rayon jusqu'à ce qu'il atteigne notre œil , comme on ne peut douter que les couches d'air les plus épaisses , les plus denses , & par conséquent les plus réfractives , ne soient les plus voisines de la surface , il est évident qu'il existe une hauteur où l'air devient si rare , que la réfraction doit être insensible ; là sont placés les termes de la réfringence que Cassini avoit soupçonnés. M. Bouguer ayant observé la réfraction à différentes élévations sur les montagnes du Pérou , put estimer les densités , les diverses couches dont il avoit les différens effets , & il trouva qu'à 5158 toises au-dessus de l'horizon il n'y auroit plus sensiblement de réfraction (b). M. Bouguer a reconnu qu'en général elle étoit plus grande la nuit que le jour , d'une sixieme ou septieme partie (c).

Ce n'étoit pas assez de connoître toutes ces causes de variations , il étoit essentiel d'observer avec précision les quan-

(a) Mém. de l'Acad. des Scien. 1739 ,
p. 415.

(b) *Ibid.* 1749 , p. 96.

(c) *Ibid.* p. 105.

rités de la réfraction , relatives aux différentes hauteurs. Ceux qui en avoient donné des tables, Flamsteed , Newton, Cassini, Lahire ne s'accordoient pas; ils différoient quelquefois de 30". Aujourd'hui que les instrumens sont meilleurs, ainsi que les méthodes d'observer, il faut que tout monte au niveau de cette perfection. Un bon observateur peut fixer la hauteur d'un astre à deux ou trois secondes près; il seroit affligeant pour lui qu'en la corrigeant de l'effet de la réfraction, il s'exposât à une erreur de 30". M. de la Caille, enlevé trop tôt à l'Astronomie, entreprit cette tâche importante de la détermination des réfractions. Mais comme elles diminuoient sur les montagnes, dans un air moins dense, comme elles étoient plus grandes la nuit, dans un air plus froid, il étoit naturel d'en conclure qu'elles devoient varier en raison de la température & du poids de l'air, marqués par le thermomètre & le baromètre; il falloit donc connoître ces variations, avant de déterminer les quantités relatives à la hauteur des astres, & qui sont toujours les mêmes. Hauxbée avoit montré qu'un air condensé au double, pesant une fois plus, donnoit une réfraction double (a); il s'ensuit que lorsque le baromètre descend de 28 à 27 pouces, la réfraction doit diminuer d'une 28^e partie.

Halley observant que le baromètre dans nos climats varie de deux pouces sur trente, & que la densité de l'air est plus grande d'une quinzième partie dans un tems de l'année que dans l'autre, soupçonna que les réfractions devoient varier, suivant cette raison. D. Cassini & Picard reconnurent dès 1669, qu'elles changeoient, suivant la température de l'air, ou qu'elles étoient plus grandes en hiver qu'en été (b). Cette cause de changement fut constatée par M. le Monnier en 1738 &

(a) *Suprà* Tome II, p. 607.

(b) *Ibid.* p. 380.

1739 : il fit un grand nombre d'observations des étoiles circompolaires ; il les observa , & à leur plus grande hauteur , lorsqu'elles sont presqu'entièrement dépouillées de l'effet de la réfraction , & à leur moindre hauteur , lorsqu'elles en sont le plus affectées. Ces observations fondamentales furent répétées en hiver , dans les jours les plus froids ; & en été , dans les jours les plus chauds : il trouva qu'à $4^{\circ} 44'$ de hauteur la réfraction varioit de $2'$ pour 36 degrés du thermomètre (a). M. Euler a montré que la réfraction doit diminuer , & par les mêmes degrés que la chaleur augmente.

M. Maier , Astronôme de Gœttingue , construisit sur ces différens principes des corrections relatives à la chaleur & au poids de l'air. M. de la Caille adopta ces corrections ; il fut donc en état de réduire toutes les observations , faites dans un air différemment dilaté ou condensé , & différemment pesant , comme si elles avoient été faites dans la même température. Il employa une méthode très-ingénieuse , qui quadruploit l'effet de la réfraction ; & par un travail énorme , tant d'observation que de calcul , il établit toutes les réfractions depuis le zénith , où elles sont nulles , jusqu'à six degrés de hauteur : il n'étendit point ses recherches & la même précision à des hauteurs moindres , parce que les réfractions y sont trop irrégulières & trop éloignées de toute précision. Ce travail de M. de la Caille est magnifique ; jamais détermination astronomique n'a été établie sur plus d'observations , ni vérifiée par un plus grand nombre d'attentions. Nous devons dire cependant que la Table qui en résulte , n'est pas exempte de quelque incertitude ; on soupçonne que l'instrument dont M. de la Caille s'est servi ,

(a) Histoire céleste , Discours préliminaire.

donnoit les hauteurs un peu trop grandes; il en devoit également résulter des réfractions trop grandes. Il est certain que plusieurs observateurs, à la tête desquels étoit le célèbre Bradley, trouvoient constamment les réfractions moindres que M. de la Caille; il imaginoit de son côté, que leurs instrumens donnoient les hauteurs trop petites. Ce procès n'a pas été jugé; il est même difficile qu'il le soit. L'objet de la contestation n'est que de six secondes. Nous voyons le progrès des choses: dans le dernier siècle on étoit tranquille, malgré une différence de $30''$; aujourd'hui cette légère incertitude de $6''$ rend suspecte la Table de M. de la Caille, & suffira peut-être pour la faire abandonner.

Les incertitudes sont bien plus grandes sur les petites hauteurs. Les astres près de l'horizon sont plongés dans les vapeurs; il faut une méthode particulière pour les observer. M. le Prince de Croy ayant fait bâtir un pavillon destiné à servir d'observatoire, auprès de Chaillon, à une lieue de Paris, sur un sol assez élevé, M. le Monnier, qui avoit commencé cette théorie des variations de la réfraction par la chaleur, pensa que l'observatoire de M. le Prince de Croy pourroit lui servir à continuer ses recherches, & même à déterminer la réfraction horizontale. Les étoiles boréales, assez éloignées de l'équateur, décrivent des cercles diurnes qui coupent fort obliquement l'horizon; la réfraction qui les élève, les transporte dans un autre cercle diurne, & les fait lever & coucher à d'autres points de l'horizon. En calculant, par les positions connues des étoiles, l'arc intercepté entre les vrais points de leur lever & de leur coucher, comme il paroîtroit, s'il n'y avoit point de réfraction; en observant la grandeur altérée de cet arc, la différence donnera l'effet même de la réfraction: il est tel qu'une réfraction plus grande ou plus petite d'une

minute, diminuée ou augmente cet arc de vingt neuf minutes (a). L'art de l'Astronôme est d'amplifier ainsi les effets pour les mieux déterminer. L'inconvénient de cette méthode est la difficulté d'appercevoir les étoiles dans un horizon souvent embrumé, à travers un air grossier, & toujours plus ou moins chargé de vapeurs.

Ces considérations sur l'atmosphère de notre globe nous conduisent à renouveler la question des atmosphères des planètes, & à demander ce que nous avons appris à cet égard, par les connoissances nouvelles. L'Académie des Sciences de Paris a proposé cette question en 1758, & M. l'abbé Frisi, célèbre Géometre d'Italie, a remporté le prix; malgré ces recherches savantes, nous ne savons rien de plus que dans le siècle dernier. Quelques observations ont fait soupçonner une atmosphère dans les planètes de Mars, de Vénus & de Mercure (b); mais d'autres observations détruisent ces soupçons, & quand l'observation ne parle que pour se contredire, la raison doit s'abstenir de prononcer. La seule connoissance positive que nous ayons acquise à cet égard, est celle d'une très-petite atmosphère autour du globe de la Lune. L'éclipse de Soleil du premier Avril 1764 fut l'occasion de cette découverte. Un grand nombre d'Astronomes avoient soupçonné cette atmosphère; M. Euler entreprit d'en prouver l'existence par les éclipses du Soleil (c). Plusieurs phénomènes, tels que des variations dans la durée de ces éclipses, les étoiles vues sur le disque de la Lune, avant leur disparition derrière ce disque, étoient attribués à une atmosphère qui produit une

(a) Mém. de l'Acad. des Scien. 1766, p. 608.

(b) M. l'abbé Frisi, *Dissertatio de atmospherâ cœlestium corporum*.

M. de Lalande, *Astronom. Tome II*, p. 719.

(c) Mém. de l'Acad. de Berlin 1748, p. 103.

réfraction, ou à une inflexion des rayons solaires, qui se détournent vers le globe de la Lune, attirés par sa masse. Cette dernière cause est celle qu'imaginait M. de Lisle. Quelle que soit cette cause, M. le Monnier a remarqué que pour en déterminer l'effet, il falloit comparer la durée des éclipses annulaires à celle des éclipses totales (a). M. Euler penchoit à admettre une atmosphère autour de la Lune, & la supposoit capable d'une réfraction de $20''$. M. du Séjour ayant cherché une méthode analytique, qui embrassât rigoureusement toutes les circonstances des éclipses, qui laissent indéterminés tous les effets mal connus, afin de pouvoir les déterminer par le plus grand accord des observations, trouva que relativement à l'inflexion des rayons solaires, toutes les observations de l'éclipse du premier Avril 1764, qui étoient en grand nombre, ne pouvoient s'accorder qu'en admettant une inflexion de $4\frac{1}{2}''$. Il démontra que cette inflexion n'étoit point semblable à celle qui a été observée par le P. Grimaldi, & nommée par lui diffraction; phénomène qui est dû, suivant Newton, à l'attraction des corps sur la lumière. Le rayon qui rase le bord de la Lune, vient du Soleil avec une telle rapidité, que par sa vitesse il échappe à l'attraction de la Lune; sa route à cet égard reste sensiblement en ligne droite: le détour de $4\frac{1}{2}''$ que le rayon souffre près de la Lune, ne peut être attribué qu'à une réfraction dans son atmosphère (b). Mais l'inflexion observée est double de la réfraction horizontale de la Lune. Cette réfraction qui est de $32'$ sur le globe de la terre, n'est donc que de $2\frac{1}{4}''$ sur le globe de notre satellite: on ne doit donc pas s'étonner si cette atmosphère, qui existe réellement, mais si petite, a été si long-tems l'objet de tant de soupçons &

(a) Mém. Acad. des Scien. 1764, p. 154.

(b) Ibid. 1767, p. 209.

d'incertitudes ; elle échappoit aux observations. Il a fallu une méthode telle que celle de M. du Séjour , & qui permît de faire concourir la totalité d'un grand nombre d'observations ; il faut beaucoup de témoins pour les choses difficiles à constater. On doit admirer l'industrie de l'homme , qui fait démêler un phénomène si foible sur le globe , à la vérité le plus proche de nous , mais encore bien éloigné , relativement au peu d'étendue de nos organes. Telle est cette atmosphère si long - tems cherchée & si difficile à constater. Il faut que l'air qui environne la Lune , soit bien peu dense , pour que la plus grande de toutes les réfractions n'y soit que de deux secondes un quart : à peine ce fluide mérite-t-il le nom d'air ; il se rapproche bien plus de la nature de l'éther. Pour en trouver ici un semblable , il faudroit monter sur les plus hautes montagnes , ou plutôt atteindre ces limites de 5 1 5 8 toises où leur sommet n'atteint pas , & que M. Bouguer a marquées à la réfraction insensible ; qu'est-ce en effet qu'une réfraction de deux secondes , si ce n'est une réfraction insensible ? On peut dire encore que malgré la découverte de M. du Séjour , la Lune n'a point d'atmosphère : celle qui résulte de nos recherches est du moins dans un état d'imperfection ; c'est une atmosphère , ou seulement en partie commencée , ou déjà en partie détruite. S'il est naturel de croire que les atmosphères appartiennent aux corps , qu'elles en sont des émanations & le produit de la chaleur , il est également naturel de croire que la Lune est incapable de ces émanations , qu'elle est privée de la chaleur qui agit l'intérieur des corps , & qui en fait évaporer les parties les plus subtiles. Seroit-il trop hardi de conclure que quand un corps n'a pu se former une enveloppe de ses propres émanations , il est entièrement stérile , dans un repos absolu & glacé , qui est l'état de mort pour les corps inanimés ? Comment la Lune

auroit-elle de la chaleur, des liquides sans émanations ? Comment auroit-elle des êtres vivans sur un globe sans eaux & presque sans air ? Comment les végétaux pourroient-ils croître, si elle ne tire rien de son sein ? Nous sommes déjà parvenus à ces conclusions (a), confirmées ici par la découverte d'un air presque sans masse & sans énergie. Tant que nous n'avons pu mesurer cet air par ses effets, nous ignorions sa nature ; mais lorsqu'une fois nous l'avons saisie, nous avons une donnée qui nous permet des conclusions légitimes. Tout est lié dans la nature par un besoin mutuel, toutes ses parties dépendent les unes des autres ; les grands corps, les masses habitées sont organisés comme la machine humaine, où la vie dépend de tant d'élémens. L'absence, la destruction d'un de ces élémens suffisent pour interrompre la vie, & pour détruire l'organisation.

L'Astronomie ne s'est pas seulement enrichie par ces spéculations tranquilles du cabinet, par les observations des Astronomes sédentaires, elle doit encore de grands progrès & aux voyages entrepris sur le globe, & à la perfection des arts ; nous allons examiner successivement les produits de ces deux sources.

L'homme tranquille & sédentaire ne connoîtroit rien qu'imparfaitement : il n'occupe qu'un point dans un espace infini ; la vue, le plus étendu de ses sens, est encore si bornée ! D'ailleurs elle le trompe, il ne voit bien que ce qu'il touche. Il faut donc qu'il se transporte pour tout voir, qu'il marche pour tout mesurer, qu'il change de place pour changer les apparences qu'il veut étudier & approfondir ; en un mot il faut que l'homme parcoure l'univers, la nature, autant qu'il le peut, & qu'il s'applique lui-même, & successivement, aux

(a) *Suprà*, Tome. II. p. 718.

différentes parties de leur étendue pour en saisir les détails & en déterminer les rapports. Les voyages, entrepris de nos jours dans l'Europe & savante & curieuse, sont un avantage des modernes sur les anciens habitans du monde. Jadis les peuples étoient circonscrits : ils étoient séparés par la jalousie & par la défiance ; chaque nation vivoit à part, sans presque aucune communication à l'extérieur ; elle étoit concentrée en elle-même, comme jadis, dans nos mœurs antiques & simples, on l'étoit dans sa famille. La société des peuples s'est étendue sur le globe, comme dans les villes la société des Hommes. Les connoissances générales se sont multipliées, peut-être aux dépens des affections domestiques, & les sciences ont gagné ce que les mœurs ont perdu.

Nous avons dit ce que les François ont fait pour la mesure de la terre : ils ont quitté leurs foyers ; ils ont été braver les froids du nord & les ardeurs du midi, eux qui sont nés sur un sol & sous un ciel où la nature a placé la même douceur de température qu'elle a donnée à leur caractère. Ces voyages sont devenus l'exemple de beaucoup d'autres ; & dès que certaines contrées du globe ont offert des connoissances nouvelles, on a trouvé des hommes curieux & intrépides pour les aller chercher. M. de la Caille que nous pouvons louer, parce qu'il ne nous entend pas ; cet homme aussi recommandable par sa vertu que par ses talens, cet homme que ses amis & les sciences pleureront toujours, après avoir rectifié la théorie du soleil, observé les plus belles étoiles visibles sur notre horizon, & avoir donné ces bases à l'Astronomie future, entreprit d'aller dans l'hémisphère austral, voir l'autre partie du ciel qui nous est cachée par l'opacité de la terre. Le même dessein avoit conduit Halley, dans le siècle dernier, à l'île de Sainte-Hélène ; mais Sainte-Hélène n'est

pas assez avancée vers le midi, le ciel n'y est pas assez favorable. M. de la Caille, jaloux d'associer son nom à celui de Halley, pensa qu'il lui restoit encore beaucoup à voir & à observer; il choisit le Cap de Bonne-Espérance, & il y exécuta un des plus grands travaux qu'un homme seul ait osé entreprendre, ce fut de déterminer les positions de toutes les étoiles visibles, qui se rencontrent entre le pôle austral & le tropique du capricorne. Peu de ces étoiles se montrent sur notre horizon : cette partie du ciel, qui fait à-peu-près le tiers de la voûte céleste, est presque entièrement étrangère à nos climats; elle contient dix mille étoiles visibles & dignes d'être observées. M. de la Caille n'en a laissé échapper aucune; qu'on se représente un homme, qui passe chaque nuit sept à huit heures sans cesse attaché à une lunette, où il observe toutes les étoiles que la révolution du ciel fait passer devant lui, tantôt debout, tantôt couché, & regardant le zénith, toujours combattant le sommeil, & multipliant ses travaux pour le surmonter. Il ne se seroit occupé que des plus belles étoiles, mais leur nombre n'étoit pas assez grand; il observa toutes les autres, pour être continuellement en action. Ces momens de M. de la Caille furent à-peu-près semblables à tous les autres de sa vie; voilà l'homme laborieux, voilà l'Astronôme que nous avons peint (a). Cette précieuse description, le Catalogue de dix mille étoiles qu'il nous a laissé, n'a pas besoin de l'épreuve du tems; le mérite de l'Observateur suffit pour en assurer l'exactitude. Si l'historien s'écarte ici de la règle qu'il s'est imposée, les cœurs sensibles & justes le lui pardonneront; M. de la Caille fut son ami & son maître.

Une autre recherche importante avoit conduit M. de la

(a) *Suprà* Tome II, p. 281.

Caille au Cap de Bonne-Espérance : la parallaxe de la lune qui renferme le secret de sa distance , est une de ces illusions ou de ces apparences qu'il faut faire varier , qu'il faut amplifier pour les connoître & les mieux déterminer ; elle est la plus grande à l'horizon , elle tend à en rapprocher les astres & à les éloigner du zénith. On fait qu'elle est due à l'épaisseur de la terre ; on se rappelle qu'elle est formée par les deux lignes imaginées du centre de la terre & de l'œil de l'observateur au centre de la lune. Cet observateur la voit plus éloignée de son zénith qu'elle ne l'est réellement. Si un second observateur transporté dans l'autre hémisphère , observe de son côté , au même instant que le premier , il verra aussi la lune éloignée de son zénith par la parallaxe ; mais comme les hémisphères sont opposés , les effets sont contraires. Dans l'un la parallaxe porte la lune vers le midi ; dans l'autre elle la ramene vers le nord. Les observations comparées donneront pour résultat le double de la parallaxe , ou du moins une parallaxe presque doublée , suivant les circonstances plus ou moins favorables. L'erreur inévitable sera ensuite partagée comme le résultat double ; & la parallaxe , cette connoissance délicate & importante sera déterminée avec d'autant plus de précision. Tandis que M. de la Caille observait au Cap , M. Bradley observait à Londres , M. de la Lande à Berlin , M. Zanotti à Bologne , M. Wargentin à Stockholm , M. Cassini de Thury à Paris , &c. Ce secours que les hommes se prêtent , ce concours pour une même recherche est un avantage de la société des peuples ; la facilité des voyages est encore un fruit de leurs communications. Peu à peu nous nous sommes familiarisés avec les climats , avec les hommes , c'est aujourd'hui que l'homme est vraiment habitant de la terre. Il faut remarquer que l'applatiffement du globe introduit une petite inégalité dans la parallaxe ; cette parallaxe

feroit partout la même sur une sphère. On conçoit que la ligne menée de l'œil de l'observateur à la lune sera plus rapprochée du centre de la terre sous le pôle applati que sous l'équateur exhaussé. Cette ligne, rencontrant au centre de la lune celle qui est menée du centre de la terre, formera donc avec elle un angle plus petit, une parallaxe moindre pour le pôle que pour l'équateur : les parallaxes varieront tant soit peu dans l'intervalle ; ce sont de nouvelles attentions & de nouveaux scrupules de calcul. Il résulte de ces recherches que la parallaxe moyenne & pour Paris est de $57' 39''$ (a) ; la distance qu'elle suppose est de 85464 lieues (b). Il n'y a pas plus de deux secondes

(a) Cette parallaxe de $57' 39''$ n'est pas celle qui convient à la distance moyenne de la lune, mais la moyenne arithmétique entre la plus grande & la plus petite de toutes les parallaxes.

(b) M. Murdoch a proposé une méthode pour trouver la distance moyenne de la lune & sa parallaxe, déduites de la seule loi de la gravitation. Cette théorie est assez bien confirmée, pour qu'elle puisse servir à cet usage. On connoît la quantité de toises dont les corps tombent sur la surface de la terre en une seconde ; on connoît également l'arc parcouru par la lune dans le même tems, & le sinus versé de cet arc, qui est l'espace de la chute. Il est clair que ces deux espaces seront entr'eux inversement comme les carrés des distances. On peut donc, au moyen du rayon connu de notre globe, trouver la distance de la lune. M. Murdoch trouve cette distance de 60,08906 demi-diamètres de notre globe, & la parallaxe de $57' 12'', 34$; ensuite considérant que la lune ne se meut pas précisément autour de la terre, mais autour du centre commun de gravité, il cherche le changement qui en résulte sur la distance & sur la parallaxe, & il trouve la première de 60,5883, & la seconde de $58' 44'', 07$, (*Transf. philos.* 1764, p. 29). M. de la Caille a déterminé la parallaxe horizontale

& moyenne sous l'équateur de $57' 14''$; M. Maier de $57' 11''$; M. de la Lande de $57' 13''$. Les résultats de ces Astronomes sont établis sur des observations nombreuses & délicates, & il est curieux de voir comment la théorie a si bien deviné ces résultats.

M. Horsley a voulu de même chercher la distance du soleil à la terre par la seule théorie, ou du moins le rapport de cette distance à celle de la lune à la terre. Il emploie la révolution périodique de la lune, & sa révolution anomalistique. C'est la force attractive de la terre, qui retient la lune & règle sa révolution périodique ; c'est la force perturbatrice du soleil, qui produit le mouvement de l'apogée, & qui conséquemment règle le mouvement anomalistique : en comparant ces deux révolutions, on a le rapport des forces ; & si les masses sont connues ou supposées, on a le rapport des distances. M. Horsley, en supposant la distance de la lune de $60\frac{1}{2}$ demi-diamètres, trouve celle du soleil de $30098\frac{1}{2}$ des mêmes demi-diamètres, & sa parallaxe de $6'' 52''$ (*Transf. philos.* 1767, p. 179), beaucoup trop petite sans doute. Mais comme le remarque M. Horsley, l'incertitude de la masse de la lune produit seule une très-grande différence sur le résultat du calcul. (*Ibid.* 1769, p. 153).

d'incertitude sur cette détermination ; & comme ces deux secondes répondent à cinquante lieues (a), il s'ensuit que sans sortir du globe où nous sommes renfermés, notre industrie a mesuré une grande distance avec cette précision.

C'est beaucoup d'avoir connu si bien la distance à laquelle la force prépondérante de la terre a fixé la lune, &, pour ainsi dire, la longueur de la chaîne où cet astre est attaché. Les chaînes du soleil, proportionnées à sa puissance, sont plus étendues & plus difficiles à apprécier ; elles retiennent toutes les planètes à différentes distances. Nous avons dit que ces distances ont entr'elles des relations nécessaires : il n'en faut connoître qu'une, toutes les autres seront connues ; elles sont mesurées par les parallaxes. C'est donc à la parallaxe du soleil, c'est-à-dire, aux différentes apparences produites par la grosseur de notre globe, qu'il faut demander la distance du soleil à la terre ; mais le soleil est si loin, la terre est si petite devant lui, qu'elle a bien peu d'étendue pour des apparences sensiblement différentes. Deux lignes menées d'un point de la circonférence du globe & de son centre, quoiqu'éloignées de la longueur du rayon, & par conséquent séparées par une distance de plus de 1400 lieues, lorsqu'elles aboutissent & se joignent au centre du Soleil, y forment un angle si petit, qu'il offre peu de prise à nos observations. Aristarque supposoit cet angle de trois minutes ; Hypparque, Ptolémée, Tycho même n'y ont rien changé. Kepler penchoit à faire la parallaxe

M. Murdoch a cherché la même chose que M. Horsley ; mais en employant comme donnée la longueur du pendule à seconde, à l'équateur, il trouve les rapports des distances, des masses, des densités de la terre, de la lune & du soleil dans différentes hypothèses des parallaxes de la lune, les résultats les plus éloignés pour la parallaxe

du soleil sont $12'',03$ & $8'',09$ (*Transac.* 1768, p. 24). Ces recherches sont plus curieuses qu'utiles ; mais on est bien aise de voir que la théorie peut s'accorder à donner la même Parallaxe que le passage de Vénus.

(a) M. de la Lande, *Astron.* Tom. II, p. 401.

d'une minute : Vendelinus la réduisit à 15 secondes ; cependant Halley l'estimoit encore de 25 secondes. Dominique Cassini observant la parallaxe de Mars pour en déduire celle du Soleil , la jugea tantôt de 9'', tantôt de 9'' $\frac{1}{2}$; Flamsteed , Maraldi , Pound , Bradley , Jacques Cassini , M. l'Abbé de la Caille s'accorderent tous à la fixer à 10''. On voit donc que par le progrès des choses cette parallaxe avoit toujours été en diminuant , à mesure que nos moyens s'étoient perfectionnés , & nous avoient permis d'approcher de plus près la vérité. Tel étoit l'état des connoissances en 1761 , au moment du fameux passage de Vénus sur le Soleil. Cette détermination étoit importante , puisque la distance du Soleil est la base , & la mesure de toutes les autres ; aussi jamais aucun objet des sciences n'a donné lieu à plus de voyages sur la terre , & n'a excité plus de mouvement dans l'Europe. On se prépara pour cette observation ; on chercha par le calcul les lieux de la terre où les circonstances seroient plus favorables. On suivoit les vues & la méthode ingénieuse de Halley. Cette méthode , nous l'avons dit (a) , consiste à chercher le lieu du globe où la durée du passage doit être plus accourcie , & en même tems celui où elle doit être plus alongée par la parallaxe. La différence de ces durées en renferme tout l'effet ; & Halley pensoit qu'elle seroit assez sensible pour que l'on pût connoître la parallaxe à $\frac{1}{500}$ ° près. Il avoit indiqué le beau pays des Bramanes & les bords glacés de la baie d'Hudson comme les postes les plus avantageux. On revint sur la méthode de Halley & sur ses calculs ; on vit qu'il s'étoit trompé (b) : c'étoit une erreur qui indiquoit

(a) *Suprà* Tome II , p. 436.

(b) M. du Séjour a appliqué une méthode générale pour les éclipses , dont nous parlerons dans le livre suivant , aux passages de

Mercury & de Vénus qui ne sont eux-mêmes que des éclipses de Soleil. Les méthodes ingénieuses de Halley & de M. de Lille sont indirectes , elles procèdent par un taton-

la baie d'Hudson. M. de Lisle étendit & perfectionna la méthode de Halley ; il montra que la parallaxe altérant les momens de l'entrée ou de la sortie de Vénus sur le Soleil , ces momens observés dans différens pays , & pris à part pour être comparés ensemble , donnoient souvent autant de différence que la durée entière des passages. Cette perfection de la méthode lui donnoit plus d'étendue ; elle multiplioit les lieux d'observation. Car il y a peu de pays favorisés , où l'on puisse voir toute la durée ; dans le plus grand nombre on ne voit que l'entrée ou la sortie. On pouvoit donc observer partout ; mais il étoit essentiel de placer des observateurs dans les postes les plus favorables. M. de Lisle indiquoit la plus grande différence entre les observations faites à Tobolsk en Sibérie & à l'île Sainte-Hélène. Tous les Astronômes se mirent en mouvement , dirigés par Halley & par M. de Lisle. M. le Gentil s'embarqua pour la côte de Coromandel , suivant l'indication du premier. L'Académie de Pétersbourg demanda un Astronôme de l'Académie de Paris pour aller observer dans la Sibérie , tandis que les Astronômes Russes s'avanceroient vers le Kamchatka. M. l'abbé Chappe partit en conséquence pour Tobolsk. L'Académie de Paris envoya M. Pingré à l'île Rodrigue , dans l'Océan éthiopique , près l'Île de France , où l'on pouvoit espérer de voir la durée entière du passage. L'Angleterre s'étoit proposé d'avoir des observateurs à la Baie d'Hudson ; mais les remarques de M. de Lisle changèrent ce projet. M. Maskelyne , Astronôme royal , fut destiné pour l'île

nement. M. du Séjour , en employant une analyse directe , est parvenu à une équation du second degré dont les deux racines donnent , l'une la plus longue durée , & l'autre la plus courte. Il a discuté les passa-

ges de Vénus sur le Soleil , que l'on attend pour le 8 Décembre 1874 , & pour le 6 Décembre 1882 , mais que la génération actuelle ne verra pas. On en trouvera les détails dans les Mémoires de l'Académie de 1773 & 1774.

Sainte-Hélène, où Halley avoit déjà observé. M. Mafon s'embarqua pour les Indes & pour Sumatra : mais sa navigation dirigée par les sciences qui aiment la paix, fut troublée par la guerre; nos vaisseaux attaquèrent le sien qui fut désarmé, & l'Astronôme se trouva obligé de rester au cap de Bonne-Espérance. L'Académie des Sciences de Stockolm envoya des observateurs en Laponie & au nord de la Suede; le Roi de Danemarck à Drontheim en Norvége, l'Académie de Pétersbourg, sur les confins de la Tartarie & de la Chine (a).

Le jour du passage arrivé, il fut observé partout où le ciel ne se déroba pas aux regards des Astronômes; nous ne pouvons nommer ici tous les témoins de ce curieux phénomène. Obligés de proscrire les détails, nous ne présenterons que des résultats; ils ne furent pas aussi satisfaisans que Halley les avoit annoncés. On trouva peu d'accord dans les comparaisons que l'on fit des observations : deux Astronômes, M. Pingré & M. Short, s'occupèrent particulièrement de ces comparaisons; & comme les observations étoient ou différemment exactes, ou différemment favorables, ces deux astronomes, en choisissant différens termes de comparaison, parvinrent à des conclusions assez éloignées. M. Pingré trouva la parallaxe du soleil de $10''\frac{1}{2}$ (b); & M. Short seulement de $8''\frac{1}{2}$ (c). C'étoit un triste résultat pour une observation qui avoit coûté tant de voyages & tant de peines, qu'une incertitude de deux secondes ou d'un cinquième de la quantité déterminée. Cette incertitude étoit bien loin de la précision espérée à $\frac{1}{500}$ près. Ce qu'il y eut de plus fâcheux; car l'histoire doit tout dire, elle doit compte de la mauvaise fortune comme des succès; ce qu'il y eut de plus

(a) Académie des Sciences 1757, Hist.
P. 77.
(b) Mémoires de l'Académie des Scien-

ces, 1761, pages 413 & 483; 1765, p. 1.
(c) Transf. phil. 1762, p. 611; 1763,
p. 158 & 300

fâcheux, c'est que parmi les observations, tandis qu'il y en avoit qui donnoient une parallaxe de $14''$ & même de 30 , il y en avoit d'autres qui la restreignoient à $4''\frac{1}{2}$, & d'autres qui n'en donnoient point du tout. (a). Sans doute ces écarts devoient être regardés comme des erreurs d'observation; le plus grand nombre de ces observations donnoit une parallaxe peu éloignée de $10''$. M. Hornsby, Astronôme d'Oxford, combattit dans les Transactions philosophiques (b) les conclusions de M. Short; il établit une parallaxe de $9''\frac{3}{4}$, qui différoit peu de celle de M. Pingré. Cependant il faut avouer que cette détermination étoit encore fort incertaine, & que sans le second passage de Vénus, arrivé en 1769, nous serions restés dans une triste incertitude sur une des connoissances les plus importantes de l'Astronomie. La nature nous avoit ménagé cette ressource. On a besoin de se familiariser avec les phénomènes; le premier servit d'essai & de préparation; les mêmes hommes virent le second, & plus instruits des difficultés, l'attention mieux dirigée leur permit de meilleures observations. On se prépara avec encore plus de soin pour ce dernier passage: c'étoit en effet le dernier que la génération actuelle pût espérer d'observer; il s'écoulera plusieurs générations & plus de cent années avant qu'on puisse le revoir. M. l'abbé Hell s'étoit transporté à Wardhus en Norvége. M. le Gentil, qui par les hasards de la mer avoit manqué l'observation de 1761, resta dans l'Inde pour attendre celle de 1769: mais les hasards du ciel ne lui furent pas plus favorables; il eut le chagrin de manquer une seconde fois l'observation à Pondicheri. Un nuage placé sur le soleil, n'y resta que le tems nécessaire pour

(c) Mém. de l'Acad. des Sciences 1761, p. 457 & 459.

(b) Transactions philosophiques 1763, p. 467.

empêcher la vue du phénomène ; un instant lui fit perdre le fruit d'un voyage pénible. Mais les onze années passées dans l'Inde ne furent point perdues pour lui ; il en a rapporté un grand nombre d'observations utiles , & la matière d'une relation intéressante qu'il vient de publier. M. l'abbé Chappe paya cher le bonheur d'avoir réussi dans son observation de ce fameux passage ; il avoit été l'attendre en Californie , il y mourut victime de son zèle , & acheta de sa vie l'honneur de cette grande décision. L'histoire lui doit des éloges , & les hommes de la reconnaissance. M. l'abbé Chappe portoit dans la carrière des sciences le même courage que l'on montre dans celle des armes ; le péril ne l'étonnoit pas , pourvu qu'il fût sûr d'échanger sa vie contre la gloire.

Les observations faites dans tous les lieux habités par des savans furent nombreuses , & cette fois les conclusions devinrent plus uniformes ; la seule observation de l'abbé Hell à Wardhus s'écarte sensiblement des autres. M. de la Lande qui la rejeta , établit la parallaxe du soleil de $8''\frac{1}{2}$ (a). M. Pingré , qui admit l'observation de Wardhus , trouva la parallaxe de $8''\frac{3}{4}$ (b). M. Lexell trouvoit $8''\frac{6}{10}$ es. C'est donc cette petite quantité que nous cherchons depuis Aristarque jusqu'à nous , c'est-à-dire , depuis vingt siècles ; que nous avons obtenue en traversant les mers , en nous transportant dans des pays ou glacés , ou sauvages ; enfin par le sacrifice de la vie même à cette curiosité inquiète , qui sans cesse tire l'homme de son repos , & qui est la source de ses progrès & de sa perfectibilité : heureux du moins lorsque le succès le récompense ! Nous devons être contents de la précision que nous avons atteinte. En admettant , comme M. de la Lande , la parallaxe de $8''\frac{1}{2}$, il ne reste au

(a) Mém. Acad. des Scien. 1770, p. 416.

(b) *Ibid.* p. 558, 1772, p. 398.

plus qu'un quart de seconde d'incertitude. Il en résulte que la distance du soleil est de près de trente-cinq millions de lieues, & que cet astre est au moins quatorze cent mille fois plus gros que la terre (a). L'incertitude d'un quart de seconde ne doit pas nous étonner ; c'est la limite de nos moyens & de nos connoissances à cet égard. Mais ce quart de seconde répond à un million de lieues, & cette quantité paroît énorme ! On a peine à se persuader qu'il y ait de la précision avec une telle incertitude. Cependant si on songe par combien d'efforts cette détermination a été achetée, ce qu'elle a coûté de fatigues & de dangers, si on combine les difficultés, les erreurs possibles des observations, les inégalités de l'atmosphère en différens lieux, la différence des instrumens & des vues, si l'on considère sur-tout la petitesse de la quantité déterminée, on concevra que cette précision est en effet très-grande. Il est beau, quand on vit à peine un demi-siècle sur un petit globe, presque insensible à la distance du soleil, de franchir l'espace qui nous sépare de ce vaste corps, & de mesurer, même dans ces limites, par notre industrie, & sa distance immense, & sa grandeur majestueuse.

A ces voyages entrepris pour le progrès de nos connoissances, ont succédé d'autres voyages, pour constater la perfection des arts. L'horlogerie est un de ceux dont l'Astronomie a le plus de besoin ; que deviendrait cette science sans la mesure exacte du tems ? Sully, Graham, Julien le Roi ont perfectionné cet art important pour les besoins des sciences & de la société, & le génie de leurs successeurs en a fait une application utile à la navigation. Comme dans les voyages de mer

(a) Plus exactement, la distance du soleil est de 34761680, & cet astre est plus gros 1435025 fois que la terre.

(b) Mém. Ac. des Scien. 1770, p. 416.

on a toujours facilement la latitude; la connoissance de la route se réduit à celle de la longitude (a); or la longitude est connue par le tems. Si l'on peut savoir l'heure qu'il est au même instant dans deux lieux différens, ces heures, par leur différence, indiqueront la différence des longitudes. Nous ne connoissons jusqu'ici que deux méthodes : l'une d'embarquer sur le vaisseau une horloge, qui conserve exactement sans se déranger l'heure du lieu du départ, ce qui est très-difficile; l'autre d'observer l'instant d'un phénomène céleste, & de calculer l'instant où ce même phénomène seroit observé dans un lieu connu. La différence de ces instans donne la différence des longitudes. On a employé à cet usage les observations des éclipses du Soleil, de la Lune & des satellites de Jupiter, celles des distances de la Lune aux étoiles. Mais parmi ces observations, celles des éclipses de Soleil & de Lune sont trop rares, les éclipses des satellites de Jupiter sont trop difficiles à observer sur mer; enfin la mesure des distances des étoiles à la Lune suppose la connoissance exacte de ses mouvemens. D'ailleurs, ce dernier genre d'observation, comme celui des éclipses de Soleil & de Lune, exige beaucoup de calculs; il faut employer un grand nombre d'élémens différens. On accumule donc & les erreurs de l'observation, & celle des élémens employés, & celle du calcul: on dépend donc de l'expérience & de l'adresse du calculateur; on dépend encore de la faveur du ciel, qui souvent se refuse à l'astronomie. Pour un usage journalier & de première nécessité, il falloit une méthode & plus facile, & plus exacte; cette méthode ne pouvoit être que celle des horloges. Le Parlement d'Angleterre en 1714 avoit passé un acte par lequel il assuroit vingt-mille livres sterling (b) à celui

(a) *Suprà*, Tom. I. p. 113, Tom. II. p. 135.

(b) Environ 470000 l. de notre monnoie.

qui indiqueroit une méthode pour trouver la longitude sur mer, à un demi-degré près (a). Ces récompenses sont magnifiques & comparables à leur objet; si un homme a consumé sa vie à une grande recherche, il obtient un prix digne de ses efforts & de sa noble émulation. Sans doute la gloire est le plus puissant aiguillon; mais si on ose lui associer la fortune, il faut au moins que cette fortune soit considérable, & faite pour paroître à la suite de la gloire (b). La difficulté étoit de faire une horloge qui pût marcher régulièrement sur un vaisseau sans cesse agité par les flots. Sully, artiste Anglois, établi à Paris, construisit une montre marine en 1726; cette horloge n'étoit qu'un essai. Harrison son compatriote, simple charpentier d'une province d'Angleterre, mais doué de l'esprit d'invention, s'occupa, dans le même tems, de la même recherche; il y employa quarante années. Les grandes choses ne se font qu'avec le tems; le tems & le génie sont les maîtres du monde, & c'est en laissant mûrir ses pensées, que le génie parvient à les féconder. Le fruit de ces longs travaux, la montre d'Harrison fut éprouvée en 1761: elle fut embarquée sur un vaisseau qui partoît pour la Jamaïque; la montre rapportée en Angleterre au bout de cent quarante-sept jours, n'avoit varié que d'une minute cinquante-quatre secondes. Un demi-degré répond à deux minutes de tems; l'horloge, sans qu'on y eût touché, & par sa seule régularité, donnoit donc, après cinq mois la longitude à moins d'un demi-degré près, Harrison avoit rempli les conditions, & mérité le prix. Cependant l'épreuve ne parut pas assez complete, on en exigea

(a) Philippe III est le premier qui ait proposé des prix pour la longitude. M. de la Lande, Astron. Tome III, p. 773.

(b) M. le Duc d'Orléans, Régent de

France, avoit promis, dit-on 100000 liv. M. de la Lande Astron. Tom. III. p. 773. Il en est question dans l'Histoire de l'Académie, 1722, p. 102.

une nouvelle : la montre fut reportée en Amérique en 1764, & rapportée en Angleterre après cent cinquante-six jours; elle n'avoit varié, au plus & à la rigueur, que de cinquante-quatre secondes. Le Parlement fit donner à Harrison dix mille livres sterling, c'est-à-dire, la moitié de la récompense promise; on remit l'autre au tems où Harrison auroit rendu l'explication de son mécanisme assez simple pour que ces horloges pussent être facilement imitées. Cette condition n'étoit point dans l'acte de 1714; mais le besoin public, qui avoit dicté cet acte, demande que les horloges marines puissent devenir vulgaires. Au restel'Angleterre, ni l'Europe, ne peuvent refuser à Harrison la gloire entière d'une invention, aussi difficile qu'elle est utile & mémorable (a). Long-tems avant que la découverte & les principes d'Harrison eussent été connus, deux artistes célèbres, MM. le Roi & Berthoud se sont occupés de l'invention & de la construction des montres marines : M. le Roi a remporté le prix proposé sur cet objet par l'Académie des Sciences de Paris; M. Berthoud, sans avoir concouru, a obtenu les mêmes succès dans les longues épreuves qui ont été faites sur mer (b). Il résulte de ces épreuves que les horloges marines de M. Berthoud & de M. le Roi peuvent donner la longitude à moins d'un demi-degré près, dans l'intervalle de six semaines (c).

(a) Depuis, on a remis cette montre à M. Maskelyne pour en examiner la marche dans son observatoire. Il déclare, dans un écrit où il rend compte de cet examen, que la montre ne peut donner que la précision d'un degré en six semaines, & celle d'un demi-degré en quinze jours; (*V. Principes de la montre* de M. Harrison. Les épreuves de mer paroissent promettre davantage; les montres françoises ont donné mieux.

(b) Celles de M. le Roi ont été éprouvées 1^o. dans un voyage en Hollande, fait en 1767 par M. le Marquis de Courtenvaux,

sur une frégate construite à ses frais; 2^o. dans un voyage fait en 1768 à l'île de St Pierre, près le banc de Terre-Neuve, par M. Cassini le fils. Celles de M. Berthoud ont été éprouvées dans un voyage fait en 1768 & 1769 par M. de Fleurieu, Capitaine des vaisseaux du Roi. Enfin ces différentes horloges, celle de M. Berthoud & celles de M. le Roi ont été éprouvées dans un voyage fait en 1771 en différentes parties du monde par MM. de Verdun de la Crene, le Chevalier de Borda & Pingré.

(c) Voyages de MM. de Verdun, de Borda & Pingré, Tome II, p. 373 & suiv.

Plusieurs

Plusieurs de ces horloges ont donné beaucoup mieux , même dans un intervalle plus long ; mais dans cette estimation des erreurs possibles , nous avons moins en vue ce qu'on a obtenu dans certaines circonstances , que ce dont on peut être sûr dans tous les cas. Nos artistes ont donc atteint le même but qu'Harrison avec leurs principes , avec leurs propres moyens , & sans avoir connu les siens. Harrison , justement célèbre , est le premier qui ait publié cette grande découverte ; ses rivaux ne peuvent lui contester la priorité & les honneurs qui y sont attachés : mais ils ont , comme lui , le mérite de l'invention , & ils auront , comme lui , l'avantage d'être utiles à leur patrie & à l'Europe.

Mais quelle que soit l'utilité de ces horloges , il faut en user avec prudence , & ne les pas regarder comme un moyen unique : il peut arriver des accidens qui dérangent ces machines ; d'ailleurs celles qui sont construites avec le plus de soin , qui sont les plus sûres par leurs principes , sont toujours sujettes à quelque irrégularité dans leur marche. Ces irrégularités s'accroissent avec le tems , & peuvent produire des erreurs plus ou moins considérables. La sûreté des vaisseaux & des équipages demande que l'on emploie & les horloges , & les méthodes astronomiques ; celles-ci , pour les voyages de long cours ; celles-là , pour les petites traversées & pour les détails de la route. Les observations fixeront des époques dans la durée d'un grand voyage , & elles veilleront sur la fidélité des horloges.

On doit encore aux Anglois les instrumens propres à observer sur mer , tels que le quartier anglois & l'octant inventé par Hadley (a). Ces instrumens , sur-tout le dernier , sont excel-

(a) Il paroît que Newton avoit eu l'idée de cet instrument. On a trouvé à la mort

lens; ils servent à prendre les hauteurs des astres. L'observateur, placé sur un sol toujours agité, doit employer d'autres méthodes que celles dont il se sert dans un observatoire, & lorsque son pied repose sur le sol même de la terre : ici obligé, pour trouver l'équilibre, de se mouvoir lui-même sans cesse avec le vaisseau balancé, l'astre & l'horizon lui échappent sans cesse; il perdrait l'un en cherchant l'autre. Le principe de ces instrumens est de montrer à la fois l'astre & l'horizon, de réunir leurs images ou directes, ou réfléchies; alors la hauteur de l'astre est mesurée sur l'instrument par l'angle que forment le rayon de lumière venu de l'astre, & le rayon visuel, toujours dirigé à l'horizon; cette coïncidence de l'image de l'astre, ramenée à l'horizon, avec l'horizon même, est plus aisée à déterminer exactement. On peut la chercher, on peut s'y reprendre, jusqu'à ce qu'on l'ait trouvée; & lorsqu'une fois elle est atteinte, l'alidade marque la hauteur de l'astre sur le limbe de l'instrument. Ces inventions utiles à la navigation & au commerce, devoient naître en Angleterre; c'est le besoin & l'industrie qui produisent les efforts heureux : rien n'a manqué aux Anglois, ni le besoin qui sollicite, ni le génie qui accorde; aussi ont-ils porté au plus haut degré l'art de la navigation.

Si la perfection des instrumens pour mesurer le tems & l'espace, est un des moyens de l'Astronomie, elle s'enrichit encore des progrès de la science de l'optique, qui prolonge notre vue, ou la rend plus distincte; science, qui, soit qu'elle

de Halley un dessin, un papier de Newton, qui renfermoit le projet d'un instrument pour mesurer sur mer la distance de la lune aux étoiles; c'est un miroir placé devant la lunette, & incliné de quarante-cinq

degrés à son axe : une alidade porte un autre miroir; on fait coïncider l'image directe d'un des astres avec l'image réfléchie de l'autre (*Transactions philosophiques* 1742, n°. 465.)

étende la sphère de cet organe, soit que dans la même sphère elle lui donne une plus grande puissance, rapproche les objets, ou nous les soumet davantage, & nous met à portée de les détailler & de les connoître. Les lunettes, cette magnifique invention du siècle dernier, avoit tout à coup été portée à sa perfection : Campani a fait les verres les plus forts que l'art ait encore entrepris ; ces verres forts exigent de longues lunettes dont l'usage est embarrassant. On ne pourroit produire le même effet sur des objectifs d'un foyer plus court, qu'en employant des oculaires ou des microscopes plus puissans ; alors la lumière s'affoiblit ou s'éteint. Si l'on augmente les ouvertures pour laisser passer plus de lumière, l'effet du prisme se montre, les images se colorent, deviennent confuses. Cette aberration qui naît de la différente réfrangibilité des rayons diversement colorés, a paru une difficulté & une barrière insurmontable à Newton lui-même : il ne se heurta point contre l'obstacle qu'il crut éternel, & il inventa le télescope de réflexion (a). Mais lorsqu'on a voulu faire usage de verres & de lunettes fondés sur la réfraction des rayons, il a fallu se déterminer à établir des proportions entre les ouvertures des lunettes, le grossissement des microscopes ou oculaires, la longueur des tubes ; ces proportions étoient les limites de l'art.

Les choses en sont restées à ce point jusqu'en 1747, que M. Euler fit une application heureuse de la géométrie à la physique, en imaginant de composer des objectifs de deux lentilles de verre, qui renfermoient de l'eau entr'elles (b) ; les rayons de lumière devoient donc passer à travers deux matières différentes, le verre & l'eau. La réfringence de ces matières n'est pas la même ;

(a) *Suprà*, Tome II, p. 99, 254, 568.

(b) Hook eut aussi l'idée d'introduire des liqueurs dans les objectifs, mais dans des

vues différentes ; c'étoit pour allonger le foyer.

Suprà Tome II, p. 256.

M. Euler supposa qu'elles n'avoient pas non plus la même puissance pour décomposer le rayon & séparer les couleurs. En opposant ces effets, on pouvoit les détruire l'un par l'autre; on pouvoit rendre au rayon coloré ce mélange exact, cette union qui fait la blancheur de la lumière. M. Euler y parvint au moyen d'une hypothèse, sur les qualités réfringentes des matières, relativement aux couleurs; & il en déduisit, par une analyse ingénieuse, les courbures que l'on devoit donner aux verres, & les dimensions des télescopes. M. Dollond, savant opticien Anglois, homme de génie, s'empara de ces formules, y appliqua les loix de la réfraction, telles que Newton les avoit données, & il en tira une conséquence fâcheuse pour cette grande & intéressante découverte, c'est que la réunion des rayons de différentes couleurs ne devoit se faire qu'à une distance infinie (*a*). L'expérience de Newton montrait qu'on ne pouvoit détruire la dispersion des rayons qu'en détruisant la réfraction même, & dans le cas où les rayons, après avoir traversé les deux matières, en sortiroient comme ils étoient entrés: l'effet des courbures, qui tend à les rassembler, devenoit nul; étant entrés parallèles, ils sortoient parallèles, & ne pouvoient jamais se réunir. Voilà pourquoi la géométrie assignoit leur réunion à une distance infinie & inaccessible; ainsi toute la théorie de M. Euler étoit sans usage. Ce grand Géometre opposoit une excellente raison métaphysique, une raison qui même l'avoit conduit à ces essais (*b*); c'est que notre œil est composé de matières différemment réfringentes, & que l'aberration n'y a pas lieu, quoique les images agrandies soient reçues au fond de l'œil à une très-petite distance. Une seule humeur auroit suffi à la représentation de l'objet; s'il y

(*a*) Transf. philos. 1753, p. 289.

(*b*) Mém. Acad. Berlin, Tome III.

en a plusieurs , c'est sans doute pour remédier à la dispersion des couleurs. Ce que la nature a fait dans les télescopes qu'elle a donnés à l'homme , l'art peut l'imiter ; il doit être possible d'anéantir l'effet de la diverse réfrangibilité des rayons par un juste arrangement de plusieurs milieux transparens (a). Ce raisonnement étoit spécieux ; mais comment détruire une expérience par un raisonnement ? M. Dollond opposoit toujours le nom & l'autorité de Newton.

Ces difficultés avoient tout arrêté jusqu'en 1755, que M. Klingentierna , Géometre Suédois , écrivit à M. Dollond ; il lui donna des raisons si fortes de douter de l'expérience de Newton , que M. Dollond la recommença & fut bien étonné de la trouver fausse. En regardant les objets à travers un prisme formé de verre & d'eau , & dont les dimensions soient propres à détruire l'effet de la réfraction , ces objets doivent paroître à la même hauteur , & , selon Newton , ils devoient être sans couleurs. M. Dollond les trouva colorés : le prisme , qui n'altéroit point la situation & la hauteur , laissoit voir les couleurs ; un autre prisme combiné pour détruire les couleurs , changeoit la situation & la hauteur. La réfringence agissoit donc différemment sur les rayons colorés , & sur le rayon composé qui forme la lumière blanche ; on pouvoit donc détruire la réfrangibilité sans détruire la réfraction. M. Dollond reprit la théorie de M. Euler ; mais en employant les objectifs de verre & d'eau , il découvrit un nouvel inconvénient , c'est qu'il falloit donner au verre des courbures si considérables , qu'elles produisoient une très-grande aberration de sphéricité (b). Cet inconvénient sembloit devoir faire abandonner une seconde fois l'invention de M. Euler ; mais ce sont les difficultés qui nous font connoître

(a) *Transact. Phil.* 1753. p. 293.

(b) *Suprà*, Tome II, p. 199 & 253.

nos forces. M. Dollond conçut l'idée heureuse de n'employer que des verres de réfringence différente; il en choisit deux, le verre nommé crown-glass, qui est en tout semblable à celui de nos manufactures, & le flint-glass, qui est un verre plus composé, où il entre du plomb, & qui ayant plus de poids & de densité, a plus de pouvoir réfringent. On peut opposer ces verres l'un à l'autre, & faire disparaître les couleurs, en conservant la différence de leurs réfractions.

M. Dollond, aidé des connoissances de la théorie, & en tâtonnant dans la pratique par différens essais, réussit à détruire sensiblement l'aberration de la réfrangibilité. L'obstacle, qui arrêta Newton, n'existe plus; la lumière, qui passe dans nos télescopes, arrive à notre œil sans couleurs sensibles. On est débarrassé de ces iris incommodes, qui empêchoient de multiplier la lumière: avec une ouverture & une lumière augmentées, on peut employer des oculaires ou des microscopes plus puissans; comme les verres sont plus parfaits, comme la réunion des rayons est plus exacte, on peut grossir beaucoup l'image des objets, sans craindre d'amplifier les défauts. M. Dollond construisit en conséquence des lunettes de cinq pieds, qui faisoient autant d'effet que des lunettes de quinze; ces verres, ces lunettes furent nommées achromatiques (a). C'est alors, & en 1761, que M. Clairaut y appliqua le calcul, & déduisit de la différente réfringence des deux verres, quelles doivent être les courbures de ces verres pour détruire l'aberration de réfrangibilité. M. d'Alembert s'en occupa de son côté, & ces progrès de l'optique donnerent les plus grandes espérances. M. Antheaume, Physicien déjà connu, travailla lui-même un objectif de sept pieds, qui faisoit plus d'effet que celui de trente-quatre pieds

(a) *αχρως* en grec signifie couleur, & précédé de l'a privatif, il signifie sans couleur.

de Campani. M. Dollond le fils, en 1765, perfectionna encore l'invention de son pere, en combinant deux lentilles concaves de crown-glass avec une seule convexe de flint-glass ; l'aberration de sphéricité mieux détruite par cette addition d'une troisième lentille, lui permit de donner des ouvertures plus grandes à ses lunettes. Il en fit une de cinq pieds de cette espèce, c'est-à-dire, avec un objectif composé de trois lentilles, qui portoit trois pouces neuf lignes d'ouverture ; puis enfin une autre de trois pieds, qui avoit une ouverture égale (a). Cette courte lunette faisoit à peu-près l'effet d'une de quarante ou quarante-cinq pieds construite sur les anciens principes. Enfin M. Jaurat a fait un travail utile pour les artistes : par le moyen de deux morceaux, l'un de verre commun, l'autre de flint-glass, collés ensemble & travaillés dans le même bassin, il a pu mesurer la réfraction de ces matières par la différence des foyers ; ensuite en interposant tantôt un verre rouge tantôt un verre violet, il a pu déterminer les foyers de ces différentes couleurs, & connoître par conséquent leur dispersion. Avec ces données, & par le calcul trigonométrique, il a trouvé les courbures qu'il falloit donner aux différens verres, & il en a dressé des Tables qui peuvent servir de guide aux opticiens.

Un champ vaste sembloit s'offrir aux progrès de l'art ; on croyoit alors qu'une lunette de six ou sept pieds égaleroit ces grands objectifs de cent & de cent vingt pieds, si incommodes dans l'usage, qui opposoient tant de difficultés & de fatigues aux recherches de la curiosité. L'espérance alloit même plus loin : ces verres de cent pieds ne grossissoient peut-être que deux ou trois cent fois les objets, & puisqu'on étoit libre d'ag-

(a) Transac. philos. 1765, p. 55,

grandir les ouvertures , l'art pouvoit parvenir à tailler un objectif d'un pied de diametre , qui avec un foyer de douze à quinze pieds , auroit pu grossir six cent fois & plus. Savoit-on même tout ce qu'on pouvoit faire ? L'esprit humain arrivé à sa perfection actuelle , en ajoutant des moyens à des moyens , des progrès à des progrès , ne s'impose point de bornes à lui-même , il attend celles de la nature , qu'il ne rencontre que trop souvent. On espéroit que ces nouveaux instrumens découvroient un ciel nouveau : on devoit voir infiniment mieux les astres que nous connoissons ; d'ailleurs l'univers peut avoir d'autres astres , qui , comme les satellites de Jupiter & de Saturne , long-tems inconnus , n'attendent , pour se montrer , que des organes assez fins & assez puissans pour les atteindre ; cette espérance flatteuse a été trompée. MM. Dollond joignent jusqu'ici à la gloire de l'invention celle d'avoir atteint tout d'un coup les limites de l'art. Ces progrès si heureux , si étonnans , n'ont point été suivis des progrès qu'ils sembloient annoncer ; il n'en a résulté pour les Astronomes que la commodité de substituer , sans rien perdre sur l'effet , une courte lunette à une lunette longue & incommode. L'obstacle , qui a arrêté tant de progrès , est la difficulté d'avoir du flint-glass qui soit propre à cet usage. Il faut qu'il soit d'une transparence parfaite , & partout égale ; cette transparence dépend du mélange intime des matières qui le composent , & ce mélange paroît très-difficile à obtenir. Un particulier (a) zélé pour les arts , a proposé un prix au jugement de l'Académie des sciences , pour celui qui réussiroit à faire de cette espece de verre. Une des pieces du concours a été couronnée ; cependant nous n'avons point encore de flint-glass. Il paroît même que les Anglois

(a) Feu M. Trudaine de Montigny.

n'en ont guères d'excellent que par hafard. C'est dans plusieurs tables de ce verre , & encore à peine dans une de ces tables , que l'on peut choisir & couper un petit morceau pour en faire un objectif d'une médiocre étendue. On conçoit combien les opticiens doivent être gênés dans leurs efforts. Il faudroit pour la composition de ce verre , une recette sûre , facile , qui pût réussir en grand , & toujours. C'est ici la chimie qui manque à l'optique & à l'Astronomie ; cette science est si cultivée aujourd'hui , qu'elle aura fans doute des progrès pour satisfaire à ce qu'on lui demande. La matière est assez importante pour mériter un prix considérable ; c'est aux nations , aux Princes , aux amateurs riches à le proposer. Il ne s'agit pas moins que d'augmenter , presque à volonté , la sphère d'un de nos sens , d'étendre notre empire sur la nature ; & peut-être de faire paroître à nos yeux des choses & des phénomènes inconnus depuis l'existence du monde. Les richesses seront noblement employées à acquérir ce pouvoir sur la nature ; l'argent ne sert au riche qu'à acheter des jouissances passagères , celle que nous indiquons lui sera commune avec la postérité. Le ciel dont il aura reculé les limites , le ciel où il aura lu , restera ouvert , pour que les générations y lisent ; au lieu du luxe périssable dont il s'entoure , il laissera un héritage éternel & un monument de gloire pour l'espece humaine.

Voilà ce qu'on a fait pour mesurer le tems à la mer , pour chercher à étendre la vue dans l'espace ; mais les moyens de mesurer l'espace même , & jusques dans ses plus petites parties , ont reçu de nos jours une grande perfection. Les instrumens ont été revêtus de toutes les commodités , qui facilitent l'observation ; l'art de les diviser a été porté au plus haut degré. Nous ne parlons point de chacun de ces progrès en particulier , mais nous devons présenter une idée de deux instrumens ingé-

nieux, dont l'un a déjà donné des moyens à l'Astronomie, & l'autre lui donne des espérances; le premier est l'héliomètre de M. Bouguer, & le second le micromètre de M. l'abbé Rochon. M. Bouguer porta souvent dans la pratique des observations le génie qu'il avoit pour les expériences nouvelles; il inventa l'héliomètre pour mesurer le diamètre du soleil. Dans le méridien, où cet astre cesse de s'élever, le micromètre ordinaire avec ses fils mobiles, peut saisir facilement les deux extrémités du diamètre vertical; mais il n'en est pas de même du diamètre horizontal. Le soleil passe dans la lunette avec assez de vitesse; le fil qu'on a placé sur un bord, n'y est déjà plus, lorsqu'on pose le second fil sur l'autre bord. M. Bouguer vouloit cependant mesurer le diamètre horizontal, pour le comparer au diamètre vertical, & pour décider si le soleil avoit un aplatissement sensible (a). Il opposoit toujours un moyen à une difficulté; voici ce qu'il imagina en 1748 (b). Jadis on avoit un instrument appelé binocle, l'instrument des deux yeux, parce que deux lunettes placées à côté l'une de l'autre, permettoient de considérer le même objet des deux yeux (c). Cette idée conduisit M. Bouguer à celle d'un instrument d'une espèce bien différente; il lui donna deux objectifs placés près l'un de l'autre dans un même tuyau. Avec un seul oculaire, l'œil pouvoit regarder la double image formée aux foyers de ces objectifs; les deux images sont vues à côté l'une de l'autre & éloignées entr'elles de la même distance que les centres ou les points milieux des objectifs. Si cette distance forme, par exemple, au foyer un angle de trente minutes, à peu-près égale au diamètre du soleil, on verra deux disques de

(a) *Suprà*, p. 55.

(b) *Mém. Acad. des Sci.* 1748, p. 11.

(c) *Suprà* *Astron. moderne*, Tome II,

p. 139.

cet astre qui se toucheront, lorsque le diamètre sera précisément de trente minutes. Lorsque le diamètre sera plus grand, les images anticiperont un peu l'une sur l'autre; lorsqu'il sera plus petit, elles seront un peu séparées. En rendant les objectifs mobiles, capables de s'approcher, de s'éloigner mutuellement, on pourra rapprocher ou éloigner également les images & les disposer de manière qu'elles se touchent exactement. On sent que la distance des objectifs & la quantité du mouvement qu'on leur donne, peuvent être marquées par un index, ou mesurées par un micrometre ordinaire; mais cette distance est la même que celle des centres des deux images, qui est égale au diamètre du soleil. Cette mesure, objet principal de l'instrument, lui a fait donner le nom d'héliometre. Remarquons qu'ici le point essentiel de l'observation est l'attouchement des deux images; cet attouchement a lieu entre un bord du soleil, l'oriental, par exemple, & le bord opposé, ou l'occidental. Il n'est donc nécessaire que de voir à la fois les deux extrémités du diamètre; toute la partie intermédiaire est inutile. Jadis on ne pouvoit employer ni de forts objectifs, ni de longues lunettes pour cette observation des diametres. La nécessité de voir tout le disque du soleil forçoit de renoncer à une certaine précision; une lunette qui grossissoit beaucoup, ne pouvoit le contenir entier. L'héliometre peut être formé des verres les plus forts, ce dont on a besoin viendra toujours s'y peindre; les deux objectifs vont chercher les extrémités opposées du diamètre solaire, pour les ramener & les forcer de se toucher au centre de la lunette. On voit qu'il ne faut pas beaucoup d'espace pour cet attouchement: on peut avoir la précision qu'on voudra; il ne s'agit que d'employer des objectifs d'un foyer plus long, & d'augmenter le grossissement. En rendant les objectifs tout-à-fait mobiles, on peut mesurer les médiocres

distances des étoiles entr'elles & au bord de la Lune , les distances des fatellites de Jupiter & de Saturne à leur planète principale, &c.; nous expliquerons bientôt cet usage. MM Short & Dollond construisirent cet instrument , & en attribuerent l'invention à M. Savery ; on voit en effet par les registres de la Société royale de Londres , qu'à la date du 27 Octobre 1743 , M. Savery avoit eu l'idée de l'héliometre (a). Mais cette idée , qui étoit restée sans exécution , n'ôte rien à l'invention de M. Bouguer (b) : c'est lui qui en a senti l'utilité ; c'est lui qui a fait ressouvenir de Savery. Il en a été de même du micrometre d'Auzout , comme l'a remarqué M. de la Lande (c). M. Dollond fit quelque chose de plus utile que de revendiquer l'invention de l'héliometre, il le perfectionna sous le nom de micrometre objectif (d) : il ôta à l'instrument le privilège de former une double image d'un même objet , en lui conservant celui de réunir les images différentes de deux objets ; il le composa de deux moitiés d'objectifs parfaitement semblables , & qui avoient un même foyer. Elles étoient capables de se joindre contiguëment pour former un objectif entier ; ou de s'éloigner jusqu'à une médiocre distance. Quand elles sont jointes , elles donnent une seule image d'un objet comme un objectif ordinaire ; mais si ces deux moitiés mobiles sont écartées d'une quantité égale à la distance de deux objets , ces deux objets se peindront au même point , & leurs images

(a) Transactions philos. Tome XLVIII, p. 551.

(b) On trouve encore dans les transactions philosophiques une annonce du docteur Hook , où il dit qu'il a deux ou trois différentes manières de mesurer les diamètres des planetes à la précision d'une seconde , ainsi que les distances des étoiles & des planetes entr'elles , pourvu que ces

distances n'excedent pas deux degrés (*Transf.* 1667, n°. 25). L'instrument de M. Bouguer remplit cette annonce , & est sujet à cette limitation ; mais ce passage ne renferme rien qui puisse diriger les idées & conduire à l'invention.

(c) *Astron.* Tome II, p. 813.

(d) *Transf. philos.* Tome XLVIII. I^r. P. p. 178 ; II^e. P. p. 551.

feront confondues en une seule. Lorsqu'avec le micrometre objectif, on veut donc mesurer la distance des deux bords du Soleil, celle de deux étoiles, ou celle d'un fatellite au bord de Jupiter, on fait mouvoir les deux moitiés d'objectifs, jusqu'à ce qu'on voie au centre de la lunette les deux bords du Soleil se toucher, les deux étoiles se poser l'une sur l'autre, & le fatellite adhérer au bord de Jupiter. Alors l'écartement des objectifs, mesuré par un micrometre ordinaire, donne la distance des deux objets. Cet instrument est borné à de petites distances, comme de trois à quatre degrés au plus, & la raison en est simple; lorsque les objectifs s'écartent trop dans la rainure circulaire qui leur est pratiquée, ils se présentent obliquement aux rayons, qui se réunissent mal & confusément au foyer. Il en résulteroit une déformation semblable à celle qui auroit lieu, si l'étendue des objectifs embrassoit une courbure du même nombre de degrés; ce seroit une véritable aberration de sphéricité (a). Mais l'instrument ainsi limité, & tel qu'il a été inventé par M. Bouguer, ou perfectionné par M. Dollond, est capable de donner une mesure très-exacte des petites distances; c'est un de ces présens que les siècles & le génie font aux sciences pour accélérer leurs progrès.

Le micrometre de M. l'abbé Rochon est fondé sur une application ingénieuse. Le cristal d'Islande, & même le cristal de roche (b), par une bizarrerie encore inexplicable, ont la propriété singulière de décomposer le rayon lumineux, & de donner deux images d'un même objet. M. l'abbé Rochon a formé deux prismes semblables de ce cristal; ils lui servent à doubler la distance des deux images, ou à la détruire. En effet

(a) *Suprà*, Tome II. pages 669, & 255.

(b) M. l'abbé Rochon a reconnu que

beaucoup d'autres substances transparentes avoient également, dans certaines circonstances, cette propriété remarquable.

lorsque les deux prismes égaux sont accolés, de manière que leurs sommets se touchent, le rayon de lumière qui les traverse souffre successivement deux réfractions pareilles, & les deux images paroissent à une distance double. Quand au contraire les deux prismes sont opposés, que le sommet de l'un touche à la base de l'autre, les effets sont également opposés; la réfraction de l'un est détruite par la réfraction de l'autre; le rayon n'est plus décomposé, & l'on ne voit qu'une image. Pour opérer ce changement, il suffit de faire mouvoir circulairement un prisme sur l'autre, qui parcourra le demi-cercle entier, ou 180° , pour passer d'une réfraction double à une réfraction nulle. On conçoit qu'à mesure que le prisme parcourt ces 180° , la réfraction diminue graduellement avant de s'anéantir; cette diminution suit la raison des co-sinus des angles depuis 0 jusqu'à 180 degrés. Cette double réfraction est d'environ dix-huit minutes (a). M. l'abbé Rochon a imaginé qu'elle pourroit servir à mesurer les distances respectives des astres, qui seroient au-dessous de dix-huit minutes. Voici comment on peut concevoir sa méthode: supposons que les deux prismes soient accolés, de manière que leurs sommets soient joints, ainsi que leurs bases, ils donneront une réfraction double; une étoile, un objet vu à travers, offrira deux images éloignées l'une de l'autre de dix-huit minutes. Supposons qu'à côté de la première étoile il y en ait une seconde, à une distance que l'on veut mesurer, mais que nous évaluerons d'avance à $4\frac{1}{2}'$, cette seconde étoile aura aussi sa double image. On verra donc quatre étoiles, savoir, la première, puis la

(a) M. l'abbé Rochon avoit trouvé cette quantité de dix-huit minutes par ses premiers Essais: il a trouvé qu'elle varie, & suivant les substances, comme

cela est naturel, & suivant l'angle du prisme qui en est formé. L'écartement des deux images peut même surpasser un degré.

seconde étoignée de $4\frac{1}{2}'$, puis la double image de la première, étoignée de $18'$, puis enfin la double image de la seconde étoile, étoignée de l'autre de $18'$, mais étoignée de $22\frac{1}{2}'$ de la première étoile. Alors si l'on fait mouvoir circulairement le prisme, comme la réfraction diminue en conséquence, chaque double image se rapprochera de sa compagne; celle de la première étoile, d'abord étoignée de $18'$, ne le sera plus successivement que de quinze, de douze, de neuf. On voit qu'elle se rapproche toujours de l'image de la seconde étoile, qui n'est étoignée que de $4\frac{1}{2}'$; & lorsque le prisme aura parcouru 120° , n'étant plus étoignée que de $4\frac{1}{2}'$, elle se confondra avec l'image de la seconde étoile, & l'on ne verra plus que trois images. A ce moment l'observation est faite; si nous avions ignoré la distance des deux étoiles, voici comment nous aurions raisonné. Le prisme a parcouru 120° , c'est-à-dire, les deux tiers du demi-cercle, la réfraction, suivant la raison des co sinus, a dû perdre les trois quarts de sa quantité: elle est donc réduite de $18'$ à $4\frac{1}{2}'$; & comme alors la double image de la première étoile s'est confondue avec l'image de la seconde, ce qui reste de la réfraction, ce qui reste de chemin à cette double image pour se rejoindre à sa compagne, est la distance mutuelle de ces deux étoiles.

Nous n'avons parlé que de deux images pour chaque objet; il y en a réellement quatre, parce que chacun des prismes accolés en donne deux: mais on n'en doit considérer que deux, & les deux autres ne sont utiles que pour servir de vérification. Cependant ces huit images pour deux objets, causent quelque embarras, & pourroient faire confusion. M. l'abbé Rochon a imaginé une autre disposition, qui n'a pas le même inconvénient. Il place dans l'intérieur d'une lunette un prisme formé d'une des substances capables de décomposer le rayon lumi-

neux, & de produire deux images dont l'écartement, toujours constant, est connu par l'expérience; nous le supposons encore de $18'$: ce prisme, au moyen d'un mécanisme facile à imaginer, peut se mouvoir le long de l'axe de la lunette, depuis l'objectif jusqu'à l'oculaire. Cela posé, on conçoit que, comme le rayon ne se partage en deux, pour former deux images, qu'au sortir du prisme, l'écartement de ces deux images fera d'autant plus grand, qu'on le considérera à une plus grande distance du prisme; en sorte que si ce prisme est appliqué contre l'objectif, l'œil placé à l'oculaire verra les deux images fort éloignées. Mais si on amène le prisme près de l'oculaire, l'œil recevra le rayon au moment de sa sortie, au moment où il se divise pour former deux images; & comme leur écartement est encore insensible, il n'en verra qu'une. Dans le premier cas, les images paroissent à une distance mesurée par un angle de $18'$: dans le second, elles se confondent; & ce changement est produit par la marche du prisme le long de l'axe de la lunette, qui peut être longue de dix-huit pieds. Il faudra donc faire mouvoir le prisme d'un pied pour changer la réfraction d'une minute. Comme il n'y a qu'un prisme, chaque objet n'aura que deux images: deux objets en produiront quatre; & lorsque, par une opération semblable à la précédente, on aura réduit ces quatre images à trois, le micrometre destiné à mesurer le mouvement du prisme dans la lunette, mesurera aussi l'écartement des images, & la distance des deux objets qu'on a rendue égale à cet écartement. M. l'abbé Rochon a fait usage de cet instrument pour mesurer les diametres des petites planetes, les distances des satellites aux bords du disque de Jupiter ou de Saturne; on en trouvera les détails dans les Mémoires de l'Académie. Mais on voit qu'une petite distance est mesurée par un grand mouvement
du

du prisme ; les plus petites parties de cette distance répondent donc à des espaces très-sensibles de ce mouvement, & peuvent être mesurées avec exactitude. M. l'abbé Rochon a imaginé des dispositions encore plus avantageuses. L'écartement des images dépend de l'angle du prisme ; il est le maître de réduire cet écartement à une minute : & si le prisme est appliqué à une lunette de vingt pieds, il faudra qu'il parcoure ces vingt pieds pour que les deux images éloignées d'une minute viennent à se confondre ; un espace de quatre pouces sera parcouru pour un changement d'une seconde. Cette disposition a été destinée à la détermination du diamètre des petites planetes ; & il est facile de voir que cet instrument, borné à de petites distances, doit les mesurer avec une précision plus grande que l'héliomètre de M. Bouguer.

On a inventé, depuis peu d'années, une lunette à double image, qui paroît offrir des avantages pour l'observation. M. Jaurat a pensé que si l'on pouvoit faire une lunette qui donnât deux images, l'une droite & l'autre renversée, on pourroit observer directement l'instant où le centre d'une planète passe au méridien ou au fil horaire ; il a communiqué son idée à M. Navarre, opticien connu, qui a imaginé la construction suivante. L'objectif de cette lunette est composé de deux parties contiguës ; l'une, qui est comme un objectif d'un moindre diamètre ; l'autre, formée en zone circulaire, entoure ce premier objectif. Les surfaces de ce premier objectif & de cette zone ont des courbures particulières & des foyers différens : la zone a un foyer plus long où se peint une image renversée ; l'objectif intérieur a un foyer plus court, mais on place sur la route des rayons un second verre qui les redresse & les réunit au foyer même de la zone. Alors il s'y peint en même tems une image droite & une image renver-

fée du même objet. Si, par exemple, on observe le soleil avec cette lunette, on voit entrer à la fois deux images de cet astre, l'une par la droite, l'autre par la gauche. Elles s'avancent l'une vers l'autre avec une double vitesse; l'attouchement qui se fait au centre est d'autant plus prompt. L'instant du passage de l'astre au centre de la lunette est l'instant où les deux images sont entièrement l'une sur l'autre; & si l'axe de la lunette est précisément dans le méridien, on observera directement le passage du centre, ce qui n'a jamais été fait. Lorsque l'astre observé est une étoile, on est dispensé d'éclairer les fils, parce qu'il ne s'agit que de saisir l'instant où les deux images de l'étoile sont précisément l'une sur l'autre.

Après avoir raconté ces découvertes & ces inventions, nous devons considérer une partie de l'Astronomie, qui demande les travaux constans des Astronomes : c'est la connoissance des moyens mouvemens des astres, & celle de la position & des dimensions des orbites; c'est cette partie qui sans cesse est recommencée, & toujours pour se perfectionner. La détermination de plusieurs de ces élémens est difficile. L'exactitude dépend d'une longue suite de recherches; chaque siècle doit les renouveler pour y employer les nouveaux moyens de perfection: plusieurs de ces élémens changent; il faut apprécier ces changemens & en tenir compte. Cette partie fondamentale de l'Astronomie a été cultivée avec zèle dans l'intervalle que nous venons de parcourir.

Les théories de toutes les planetes ont été fixées & renouvelées en Europe, il y a un siècle, par Dominique Cassini & par Halley, comme elles l'avoient été jadis en Egypte par Hypparque & par Ptolémée; mais le tems avoit déjà ôté aux modernes quelque chose de la perfection que les anciens ont entièrement perdue. M. de la Caille établit de nouveau la

théorie du soleil la base de toutes les autres. MM. Cassini, de Lisle, le Monnier, le Gentil, Short, de la Lande s'appliquèrent à mesurer son diamètre. MM. Cassini, Mayer & de la Lande déterminèrent les phénomènes de la rotation du globe du Soleil & du globe lunaire. En attendant de bonnes Tables de la lune, M. le Monnier observoit cette planète dans la durée d'une sare chaldaïque, suivant les idées de Halley, pour constater les erreurs des Tables & pouvoir les prédire dans les périodes suivantes (a). Aujourd'hui les tables de la Lune sont assez bonnes pour abandonner cette période dont M. le Gentil a montré l'insuffisance (b). La théorie de Saturne a été perfectionnée par MM. Cassini, le Monnier, de la Lande; celle de Jupiter par MM. le Gentil, Jaurat, Wargentin & Bailly. M. de la Lande a corrigé particulièrement les Tables de Mars, de Vénus & de Mercure; & sur-tout les dernières, celles de Mercure, qui ayant pour objet une planète difficile à voir, étoient fondées sur un trop petit nombre d'observations. Enfin les lieux des étoiles, qui étant toujours les mêmes, semblent plus faciles à déterminer, ont cependant besoin d'être rectifiés, lorsque les moyens d'observer se perfectionnent; MM. Cassini Maraldi, Zanotti, le Monnier, Mayer s'en sont occupés: mais sur-tout M. de la Caille, qui a déterminé avec des soins extrêmes la position des plus belles étoiles du ciel; M. de la Caille, qui sentoît que le grand Catalogue de Flamsteed étoit aujourd'hui trop peu exact & trop peu étendu, & qui, si la mort ne l'eût pas enlevé, se proposoit de faire pour le ciel boréal ce qu'il avoit fait au cap de Bonne-Espérance pour le ciel austral. M. le Monnier suit encore cet objet important;

(a) *Suprà*, Tome II. p. 635.
 Transf. philos. 1692, n°. 194.

(b) *Mém. de l'Acad. des Scien.* 1756,
 p. 55.

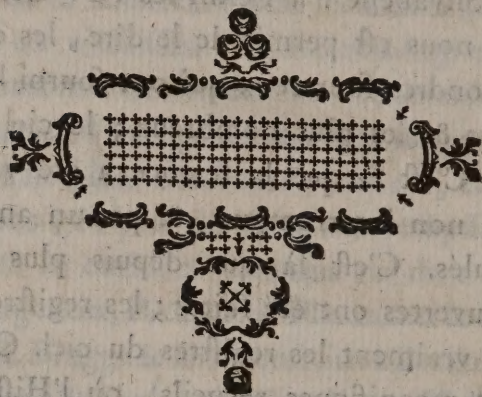
ses observations, ou publiées, ou manuscrites, contiennent la position d'un grand nombre d'étoiles. Le peu que nous venons de dire appartient à une multitude de travaux : nous regrettons de ne pouvoir en rapporter les détails ; le sujet fournit sans cesse, & l'espace nous manque. Au reste les Astronomes connoissent assez ces détails, & l'homme seulement curieux, qui lit cette Histoire, n'a besoin que de voir les faits en masse.

Tandis que ces travaux s'exécutoient dans le cabinet, les observatoires fournissoient sans cesse de nouvelles observations ; elles sont l'aliment de la science, le tems les amène, & la science croît & s'affermir en vieillissant. C'est avec regret que nous sommes bornés à nommer seulement les observateurs, qui se répondent d'un bout de l'Europe à l'autre, à ne pouvoir louer qu'en général leur zèle, leur constance, leur art, & pour prévenir les observations, & pour les faire avec adresse, & pour en tirer tout ce que la curiosité humaine en doit apprendre. En Suede MM. Wargentín, Prosperin, Planmann & Melander : à Coppenhague MM. Brugge & Kratzenstein : à Berlin MM. Castillon, Bernoulli, Bode & Shulze : à Pétersbourg M. Rumousky : à la Haie M. Klinkenberg : à Franeker MM. Upey & Van-swinden : à Utrecht M. Hennert : à Bruxelles M. Chevalier : à Vienne MM. Hell, Liesganig & Pilgram : à Crefsmunster le P. Filxmillier : à Manheim M. Maier : à Varsovie M. Poczubut : à Goettingue MM. Kæstner & Lichtenberg : à Geneve MM. Mallet, Pictet & Trembley : en Espagne MM. A d'ulloa, Doz, Tofino & Varela : à Lisbonne M. de Barros : en Italie, à Florence le P. Ximenès : à Bologne MM. Cantercani, Zanotti, Mateucci : à Pise M. Slope : à Milan MM. de Cefaris, Reggio & Oriani : à Padouë M. Toaldo : à Turin M. Canonica : à Mexico don Antonio de Alzate : dans l'Amé-

rique septentrionale MM. Wintrop, Dixon, Olivier & Willard : en Angleterre & à Londres MM. Maskelyne, Mason, Wales, Lyons & Aubert : à Oxford M. Hornsby : à Glasgou M. Wilson : à Cambridge MM. Dunthorne & Saphend : en France & à Paris MM. Maraldi, Fouchi, le Monnier, Cassini de Thury, la Lande, le Gentil, Pingré, Chabert, Jaurat, Bory, Messier, Cassini le fils, Rochon, Boscovich, Vallot, Fleurieu, Mechain, d'Agelet & Bailly : à Rouen MM. Bouin, Dulague : à Limoges M. Montagne : à Montpellier MM. de Ratte & Poirevin : à Toulouse MM. d'Arquier & Garipuy : à Marseille M. de Silvabelle : à Pekin les PP. Collas & Dolieres.

Mais, s'il nous est permis de le dire, les observatoires de Paris & de Londres sont ceux qui ont fourni les Observateurs les plus assidus & les plus nombreux ; le ciel y a toujours eu des témoins. C'est là que la science a été vraiment nourrie par une suite non interrompue, & par un amas de faits sans cesse accumulés. C'est là que depuis plus d'un siècle les grandes découvertes ont été faites ; les registres de ces Observatoires sont vraiment les registres du ciel. On en a vu sortir ces grands & magnifiques recueils, où l'Histoire des phénomènes est consignée, & tels que les trois volumes de l'Histoire céleste de Flamsteed, le volume qui offre les observations de M. Maskelyne, successeur de Flamsteed & de Halley, l'Histoire céleste de M. le Monnier. Et c'est de là que sortira encore la suite immense des observations faites à l'Observatoire royal de Paris, présentées en ordre, & avec leurs résultats ; vaste ouvrage entrepris par M. Cassini le fils, arrière petit-fils du célèbre Dominique, jaloux de la gloire de ses peres, qui ont le plus contribué à élever cet édifice, & surtout curieux, en les imitant, de se rendre digne de leur nom.

Telles sont les principales découvertes, les objets de recherches, les inventions, les travaux par lesquels les Astronomes vivans se sont distingués, & la science s'est avancée depuis cinquante années! Mais dans ses progrès elle doit beaucoup à la Géométrie, & c'est de l'influence de cette dernière science, dont nous allons nous occuper dans le Discours suivant.





HISTOIRE

DE

L'ASTRONOMIE MODERNE.

DISCOURS III.

*Des Progrès de la Géométrie , & de son influence sur
l'Astronomie.*

LA GÉOMÉTRIE est la science de l'étendue & du mouvement, ou seulement de l'étendue ; car tout ce qui existe dans cet univers , ou à la fois , ou successivement , a l'étendue pour caractère de son existence. L'espace , qui embrasse tous les points , tous les lieux , toutes les bornes du monde physique ; le mouvement , qui parcourt cet espace , qui s'y applique , s'y mesure , & semble s'y assimiler ; le tems marqué par la succession des choses , subsistant depuis leur commencement jusqu'à leur fin ; le tems qui embrasse l'univers dans ses changemens , comme l'espace l'enferme dans sa permanence , tout n'est

qu'étendue : étendue physique qui est devant nous , que l'œil peut distinguer & parcourir ; étendue intellectuelle que l'homme peut rendre présente à son esprit , & qui n'est apperçue & mesurée que par sa pensée. Voilà l'empire de la Géométrie. C'est alors qu'elle est grande, qu'elle est vaste comme l'univers ! Ouvrage miraculeux de la raison humaine , les hommes y ont concentré toutes les idées d'ordre & de rectitude qu'ils ont reçues du ciel : si elle a ses limites , comme l'esprit humain , elle s'est toujours élevée avec lui , & tient de sa hauteur la double immensité , qui , s'applique à tous les tems & à tous les lieux , mesurant également & les espaces de la durée fugitive , & ceux de la matière présente & visible.

La Géométrie ne fut jadis en Egypte que l'art d'arpenter les héritages , & d'en fixer le contour & les limites : elle étoit humble & bornée dans ces commencemens , elle n'avoit rien de grand que son nom. Aussi Platon se moquoit-il de l'orgueil du nom de Géométrie , de mesure de la terre , dans un tems où la terre presque entière étoit inconnue. Bientôt cette science fit des progrès rapides dans les mains de Platon même & des Grecs qu'il enseigna. Elle n'avoit encore considéré que les surfaces , elle s'empara bientôt des trois dimensions de la matière , & les corps furent mesurés ; elle ne se borna plus à considérer des lignes droites , & des espaces plans ou solides , bornés par ces lignes simples : des sections du cône naquirent quatre courbes , le cercle , l'ellipse , la parabole & l'hyperbole. Cette considération nouvelle fut un pas marqué de la science. Tandis que la ligne droite s'avance par la voie la plus courte , semble marcher à pas égaux & semblables , dirigée par un dessein constant & vers le même but , la ligne courbe se compose de détours & de sinuosités ; sa marche semble contrariée , chaque pli de sa route annonce un changement de dessein &

de but. Plusieurs causes doivent concourir à sa formation : on sent qu'elle doit dépendre d'une loi plus compliquée ; cette loi est renfermée , exprimée dans quelques propriétés fondamentales. Les Grecs étudièrent & découvrirent les propriétés , ou les caractères des quatre courbes que nous venons de nommer. Les plus simples de toutes , d'ailleurs les seules connues , on les étudia sans prévoir l'utilité dont elles devoient être un jour. Lorsque l'algèbre inventée eût été appliquée à la Géométrie par le génie de Descartes ; c'est-à-dire , lorsque les signes abstraits des nombres eurent été appelés par lui pour représenter l'étendue dans son ensemble & dans ses détails , les propriétés qui caractérisent chaque courbe , furent écrites par ces signes abstraits , par les lettres algébriques : on les nomma l'équation de la courbe. Toute équation est une égalité ; que sont les propriétés d'une courbe ? Une égalité entre les produits ou les combinaisons de certaines lignes droites renfermées & bornées par cette courbe. Si chaque courbe a son équation particulière , chaque équation possible , chaque combinaison de ces signes abstraits appartient à une courbe différente (a). Les courbes se multiplièrent , & formerent une espèce d'univers géométrique qui fut sans bornes. Cette union des deux sciences , de l'algèbre & de la Géométrie , ce bienfait de Descartes apporta de grandes ressources ; car des quantités inappréciables en nombre purent être exprimées par des figures géométriques , c'est-à-dire , par des lignes & par des surfaces. Newton , inventeur du calcul différentiel (b) , n'acheva point un ouvrage que peut-être aucun homme n'achevera , & laissa le calcul intégral imparfait ; beaucoup de ces petites quantités nommées diffé-

(a) On doit en excepter les équations entre des quantités constantes qui ne peuvent se construire que par des figures rectilignes.

(b) Nous ne prétendons point par cette expression , ôter à Leibnitz ses droits à l'invention de ce calcul.

rentielles ne pouvant être sommées & reformées en quantités entières & finies , donnerent naissance à des courbes d'un genre très-élevé & presque inaccessible à nos efforts. On ne put y parvenir que par la voie de l'approximation , souvent assez exacte , parce qu'elle approche très-près ; mais toujours laborieuse & pénible. Les moyens de l'algebre consistent à faire , avec les signes abstraits d'une expression abrégée , les mêmes comparaisons , les mêmes opérations , les mêmes combinaisons que l'on feroit avec des lignes & avec des surfaces de toutes grandeurs & de toutes figures , dont la considération trop variée & trop étendue , pourroit surcharger l'esprit le plus fort. Mais l'algebre n'est qu'une géométrie écrite ; la Géométrie n'est qu'une algebre figurée. Tout se réduit donc aux moyens de la Géométrie ; que se propose-t-elle ? La mesure de tout ce qui existe dans le monde sensible. Ce qui existe est l'ouvrage de la nature , de la nature qui a caché partout la simplicité des principes sous la variété des phénomènes , qui en opposant les principes secondaires , en faisant réagir les êtres les uns sur les autres , a paru troubler partout l'uniformité & la régularité qui la constituent , n'a mis nulle part ni deux formes semblables , ni une forme régulière. L'homme se perd dans cette variété infinie ! Ce qui est trop composé n'est plus régulier pour lui ; il lui faut des choses simples & qui soient ordonnées suivant sa manière de concevoir. Nous avons pris le parti , pour étudier la nature , de mesurer ses ouvrages , en leur appliquant les figures de notre Géométrie , les modèles idéaux que notre esprit a créés , les formes régulières dont il connoît la loi. Maître de multiplier presque à volonté ces formes , d'en varier la loi , il peut d'effais en effais , assimiler , pour ainsi dire , les mesures qu'il s'est faites aux choses qu'il veut connoître , approcher aussi près qu'il le veut de la nature

qu'il ne doit jamais atteindre, & se faire une copie assez ressemblante de ce grand modèle. En effet quoique l'univers n'offre nulle part des lignes parfaitement droites, des surfaces réellement planes, des triangles, des carrés, des cubes réguliers, des cercles uniformes, des ellipses & des paraboles réelles, l'homme mesure avec ces figures une infinité d'espaces qui s'en écartent peu; & lorsqu'il voudra descendre aux détails & toucher de plus près la vérité des choses, il a des formes moins simples & des courbures plus compliquées pour apprécier les écarts mêmes.

Cependant lorsque Newton voulut appliquer la Géométrie à la physique céleste, & porter la science à cette hauteur extraordinaire, il fallut comparer ensemble des choses qui n'étoient pas de même nature. Le mouvement s'accomplit dans un espace, il dure pendant un tems, il a une certaine vitesse; des espaces, des tems, des vitesses n'ont rien de semblable. Si la vitesse est d'autant plus rapide que l'espace parcouru est plus grand, & le tems employé plus court, quel rapport des tems & des espaces ont-ils entr'eux? Cependant la Géométrie ne peut opérer que sur des rapports & sur des égalités. On parvient à la comparaison désirée entre ces choses d'espèces si différentes, en établissant pour chacune d'elles un module différent, une unité particulière; & lorsqu'on compare des vitesses, des tems & des espaces, la comparaison de chacune de ces quantités avec son module particulier, est toujours sousentendue. On dit que dans un mouvement uniforme, en tems égal l'espace est comme la vitesse. Un corps qui tombe parcourt quinze pieds dans la première seconde de sa chute; il acquiert par cette chute une vitesse, qui lui feroit parcourir uniformément trente pieds. Si nous prenons la seconde pour l'unité de tems, trente pieds formeront une unité

pour l'espace ; & si nous regardons la vitesse qui résulte de l'espace parcouru en une seconde comme l'unité de vitesse , comme un module propre à mesurer tous les degrés quelconques de vitesse , quand un corps sera lancé par une force qui sera capable de lui faire parcourir soixante pieds dans une seconde , nous dirons que ce corps a deux degrés de vitesse ; que dans le premier cas sa vitesse étoit 1 , & que dans celui-ci elle est 2. Il ne sera pas plus difficile de comprendre comment on compare les tems avec les espaces. Galilée a découvert que dans la chute des corps les espaces parcourus sont toujours comme les carrés des tems : nous pourrions former une égalité de ces espaces & du carré de ces tems ; nous pourrions substituer partout ces carrés à ces espaces , ou ces espaces à ces carrés. Si , par exemple , dans les deux premières secondes du tems de la chute , le corps parcourt soixante pieds , ou quatre fois quinze pieds , nous égalerons le carré de deux , ou bien quatre secondes à soixante pieds , parce que c'est quatre unités de tems que l'on égale à quatre unités d'espace. Nous pouvons substituer partout ou l'espace ou le carré du tems ; c'est toujours le nombre *quatre* que nous employons. Ces conventions & un petit nombre de principes simples sont la base de la science des corps en mouvement ; science créée par Newton & appelée dynamique , mais que nous avons confondue ici sous la dénomination générale de Géométrie.

Newton avoit montré que si un corps décrit une des quatre sections coniques , ce corps est poussé vers un des foyers par une force inversement proportionnelle au carré des distances. Il avoit établi que dans ces sections coniques les apsidés & les nœuds seroient immobiles ; telle est la loi universelle , en supposant que chaque corps central exerce un empire absolu dans son domaine. Newton passant ensuite à la lune , qui offre des exceptions à

cette loi, dont les apfides & les nœuds se meuvent, dont le mouvement elliptique est continuellement troublé, fit voir que ces dérangemens étoient une suite nécessaire de la gravitation universelle. C'est que l'empire du corps central n'est pas absolu; c'est que les loix qu'il impose, & qui doivent tout régler, sont contrariées, modifiées par la loi d'une puissance étrangère & éloignée. Cette puissance est le soleil, qui étend à la lune le joug imposé à la terre. Mais Newton semble avoir considéré à part ces dérangemens & chacune des inégalités de la lune : il n'a ajouté que peu d'équations aux quatre qui étoient déjà connues; quelques-unes ne sont même déduites que des observations. Ses explications sont isolées; elles ne sont point liées entr'elles, comme doivent être les effets d'une même cause. En donnant les principes & les conclusions, il a souvent rompu la chaîne qui doit l'avoir conduit des uns aux autres : il semble avoir craint d'être suivi & avoir voulu cacher ses traces; il s'en faut bien qu'il ait tout expliqué d'une manière satisfaisante. Auteur du plus bel ouvrage qui soit sorti de la main d'un homme, il n'a pu en perfectionner toutes les parties : d'ailleurs les routes qu'il avoit ouvertes dans la Géométrie ont été suivies; on a été plus loin que lui.

Trois Géomètres ont paru presque à la fois en Europe, MM. Clairaut & d'Alembert en France, M. Euler à Berlin. La science de la dynamique s'étendit entre leurs mains; le champ vaste du calcul intégral, semblable à ces landes que la patience & le travail peuvent seuls fertiliser, fut défriché dans un plus grand nombre de ses parties. Avec ces moyens ajoutés aux moyens de Newton, les trois Géomètres concurent le grand projet de refaire son grand ouvrage, de ne lui prendre que sa loi, & de tout dériver de ce principe unique, en détaillant ses effets & en suivant ses conséquences. La marche de nos Géomètres paroît contraire à

celle de Newton ; & elle a dû l'être en effet. Le philosophe Anglois a dû remonter des effets aux causes , pour découvrir le principe , pour s'assurer de sa réalité ; mais le principe une fois établi & reconnu souverain sur le trône de la nature , on a dû partir de la source des loix pour connoître & combiner les effets. Nous ne nous proposons pas de faire mention ici du mérite géométrique de ces travaux , ni des méthodes & des artifices de calcul employés par ces Géometres justement célèbres ; ce mérite appartient à l'histoire de la Géométrie. Notre tâche est de montrer comment cette science a été utile à l'Astronomie , d'indiquer ses moyens ; & en développant aux lecteurs l'esprit métaphysique , qui a conduit l'homme dans ces profondeurs , de faire taire la défiance qui s'étonne de succès inespérés , & d'établir la confiance en satisfaisant la curiosité.

Un corps étant lancé dans l'espace par une force d'impulsion uniforme & constante , avec une vitesse quelconque , mais connue , & suivant une direction déterminée , continuellement attiré vers un centre placé à une distance donnée , & par une force inversement proportionnelle au carré de cette distance , on demande quelle est la route de ce corps & la courbe qu'il décrit en vertu de ces forces. On considère ce qui se passe dans un tems infiniment petit : la première force lui fait décrire une petite ligne droite ; la force centrale tend à lui en faire décrire une autre dans une direction différente. Ces deux petites lignes forment un angle , & sont les deux côtés d'un parallélograme ; si l'on tire la diagonale , cette diagonale que le corps suit pour obéir à la fois aux deux forces qui le pressent , est sa route dans cet instant , & une portion de la courbe qu'il doit décrire. Or de ces deux petites lignes la première est connue , puisqu'elle est décrite par une force uniforme , & avec une vitesse connue ; l'autre l'est aussi , puisqu'elle est l'effet de la force

centrale, toujours assignable à une distance déterminée; la diagonale qui en résulte doit donc l'être également, & sa valeur est relative à la direction de la force uniforme, à la vitesse qu'elle imprime au corps dans un tems donné, enfin à la distance du corps central. Ce sont toutes ces circonstances qui déterminent la valeur de cette diagonale & la nature de la courbe dont elle est une portion infiniment petite. Cette portion est réellement une différentielle; il ne s'agit que de remonter par le calcul intégral à la quantité entière & finie dont elle est la différentielle. Cette quantité sera l'équation de la courbe. Le calcul fait sur ces principes démontre que lorsque la force centrale est, comme nous l'avons supposé, inversement proportionnelle au carré des distances, la courbe décrite ne peut être qu'un cercle, une ellipse, une parabole ou une hyperbole. Lorsque les Grecs trouverent ces quatre courbes dans les sections du cône, ils n'imaginèrent pas que ce cône renfermoit la destinée des corps célestes & les seules figures permises à leurs orbes. Les conditions de la vitesse & de la direction de la force uniforme déterminent celle de ces quatre courbes que le corps doit décrire. Ce problème de deux corps qui agissent l'un sur l'autre étoit facile à la Géométrie moderne; le problème le plus utile, & à la fois le plus difficile, est celui-ci. *Trois corps étant donnés avec leurs positions, leurs masses & leurs vitesses, trouver les courbes qu'ils doivent décrire par leur attraction, supposée proportionnelle à leur masse & aux raisons inverses du carré des distances.* Ce problème est le plus difficile, parce qu'il est compliqué de trois actions; il est en même tems le plus utile, parce qu'il embrasse tout le système du monde. Sans doute tous les corps agissent les uns sur les autres, à quelque distance qu'ils soient; cependant comme toute action est foible, quand la source est lointaine,

on peut calculer séparément les attractions de chaque corps éloigné, & toute la théorie céleste se réduit à considérer un grand corps qui en régit un second plus petit qu'il force de circuler autour de lui, tandis qu'un troisième éloigné trouble & dérange cette marche régulière. Telle est la question fameuse sous le nom de *problème des trois corps*, dont la solution fait le caractère de notre siècle, & lui donne son rang dans le progrès des sciences.

Nous allons développer ce problème général dans le cas particulier de la lune tournant autour de la terre & troublée par le soleil. Si l'on se rappelle ce que nous venons de dire, lorsque nous n'avons considéré que deux corps, on verra qu'en faisant abstraction de l'influence solaire, la lune doit décrire le premier petit côté en vertu de sa force de projection, & le second par l'effet de sa tendance vers la terre; la diagonale, cette petite portion de sa route, sera la différentielle de l'ellipse qu'elle décrit autour de nous. Mais lorsque le soleil agit, non seulement la lune est détournée de sa route rectiligne par la force centrale de notre globe, mais elle est encore détournée par l'effet de la force solaire. Elle est donc obligée de quitter à chaque pas l'ellipse qu'elle décrit; & on peut juger combien la courbure de sa nouvelle route doit être compliquée, puisqu'elle résulte de trois actions combinées, dont l'une, à la vérité, est toujours la même, mais dont les deux autres inégales entr'elles, sont à chaque instant d'une longue période, toujours différentes d'elles-mêmes. Ici les courbes simples & régulières ne suffisent plus pour mesurer, pour représenter cette courbure composée & bizarre; la courbe qui en résulte dans l'espace, est d'un genre si élevé, que les moyens de l'analyse, quoiqu'infiniment variés, ne peuvent y atteindre. Nos Géomètres l'auroient caractérisée & décrite, s'ils avoient

pu saisir son équation ; mais cette équation rigoureusement développée est inassignable. C'est ici que l'esprit humain , quelquefois étonné de sa grandeur & de ses ressources , reconnoît la foiblesse de sa nature limitée ; mais la patience & le travail lui fournissent les méthodes d'approximation. On décompose le problème pour en considérer successivement les différentes parties ; & on met par tout une vérité approchée , assez exacte pour être utile , à la place d'une vérité rigoureuse qu'on ne peut espérer.

Nous avons dit (a) que l'action du soleil sur la lune pouvoit toujours se décomposer en deux autres , dont l'une agissoit suivant la direction de la lune à la terre , & s'ajoutoit à la force centrale , & dont l'autre agissoit dans une direction perpendiculaire à cette ligne. Deux choses caractérisent le mouvement d'un astre ; la direction de ce mouvement , c'est-à-dire , la route que suit le corps qui se meut , & le tems employé à la parcourir. La première des deux forces change la loi du carré des distances : la lune ne peut plus décrire une ellipse ; elle en est sans cesse retirée par l'action étrangère du soleil , & la distance à la terre est augmentée ou diminuée ; en même tems que l'orbite est ainsi déformée , le tems même de la révolution est altéré. Car suivant la loi de Kepler (b) , les tems des révolutions sont comme les racines carrées des cubes des distances au soleil. Cette distance ne peut donc être changée sans que le tems ne le soit aussi. La seconde force agit dans le sens de l'orbite même ; elle pousse ou elle retient , elle augmente ou elle diminue les vitesses : elle affecte donc particulièrement le tems ; il y aura dans un tems égal plus ou moins

(a) *Suprà* ; Tome II. p. 306. (b) *Ibid.* p. 130.

d'espace parcouru. La première de ces forces nouvelles altere la petite ligne décrite par l'effet de la force centrale : elle y ajoute une autre petite ligne infiniment petite à l'égard de la première, qui elle-même étoit déjà infiniment petite ; c'est ce qu'on appelle une différentielle du second ordre. Cette nouvelle quantité a une valeur relative à la distance du soleil, à sa position à l'égard de la lune ; introduite dans l'expression de la diagonale, qui est la vraie route de la lune, elle conduit à une équation, qui donneroit rigoureusement la forme & la courbure de cette route, si l'art pouvoit parvenir à la développer. Le premier mérite des trois Géometres rivaux est d'avoir mis ainsi le problème en équation ; mais cette équation étoit différentielle, & du second ordre, c'est-à-dire, que quelques-unes des quantités dont elle étoit composée, étoient infiniment petites, relativement à d'autres quantités, infiniment petites elles-mêmes devant les quantités finies & sensibles du monde physique.

Nous n'avons point rendu compte de cette étendue du calcul différentiel : l'homme en est le maître ; il descend tant qu'il veut dans les classes des différentes grandeurs. Si une quantité variable augmente ou diminue à chaque instant d'une portion infiniment petite, cette altération est la différentielle du premier ordre ; mais si la quantité varie inégalement, les altérations successives ne seront plus les mêmes ; on pourra considérer leur différence ; cette différence sera une différentielle du second ordre. C'est donc à cette double profondeur, à ce second degré de la nature infiniment petite, que les trois Géometres ont atteint la solution désirée du problème des trois corps. Mais il ne suffit pas d'être ainsi descendu, il faut revenir aux choses sensibles. Le second mérite de nos trois Géometres fut de retrouver les quantités finies par deux intégrations successi-

ves, qui furent obtenues de l'adresse du calcul (a), & qui, si elles ne sont pas rigoureuses, n'en ont que plus coûté au génie fatigué de la lenteur & de la peine des approximations. Toutes les quantités variables & inconnues qui entrent dans ce problème, sont à peu-près connues; car elles le seroient réellement si les perturbations du troisième corps n'avoient pas lieu. Mais l'effet de ces perturbations étant toujours peu considérable, les Géomètres ont imaginé de substituer à ces quantités inconnues les quantités connues dont elles diffèrent peu, plus une petite quantité qui est l'effet des perturbations; quantité assez petite en effet pour qu'on puisse en négliger les puissances. Voilà la première simplification du problème; & par là les équations différentielles deviennent linéaires. C'est en même tems la première espèce d'approximation. Mais si les intégrations ne sont point rigoureuses, c'est encore parce que plusieurs de ces quantités ne sont point elles-mêmes susceptibles d'une valeur exacte; elles ne peuvent être développées que par une suite de termes qui vont toujours en diminuant, & de manière qu'on peut n'en prendre qu'un certain nombre & négliger les derniers. Ces suites que l'on prolonge autant qu'on veut, donnent le degré qu'on veut de précision; c'est par une de ces suites qu'on obtient la quadrature approchée du cercle, & une infinité d'autres connoissances que l'imperfection des méthodes refuse à nos recherches. L'adresse du calcul étoit donc de trouver les suites, les approximations les plus utiles pour parvenir à l'intégration.

Mais ce n'est pas tout; il faut encore compliquer le problème de plusieurs considérations importantes. Le soleil n'est pas toujours également éloigné de la terre; son orbe

(a) M. d'Alembert, Recherches sur le système du monde, Disc. prél. p. XXII & XXXVI.

elliptique a une excentricité qui augmente ou diminue sa distance ; cet astre n'étant pas dans le plan de l'orbite que la lune décrit autour de la terre , il attire la lune différemment , suivant qu'elle est différemment élevée au-dessus de l'écliptique. Ces sources de variations doivent influencer sur les dérangemens de la lune , & entrer dans leur expression ; il faut donc une multitude d'attentions délicates , & des calculs pénibles , pour obtenir , non pas la solution rigoureuse , jusqu'ici impossible , mais la solution approchée du problème des trois corps.

En conséquence de la manière dont on a envisagé le problème , & de ce qu'on a séparé les quantités résultantes du mouvement de la lune autour de la terre , qui sont grandes & considérables , des perturbations dues au soleil , qui sont toujours assez petites , l'équation obtenue , l'équation de la courbe que décrit la lune doit être regardée comme composée de deux parties. La première , qui pourroit être nommée la partie elliptique , est celle qui donneroit l'ellipse de la lune , si le soleil n'agissoit pas , & si la lune parcouroit tranquillement la voie où elle est enchaînée par la terre ; la seconde est celle qui exprime l'effet du soleil pour troubler la lune , & les dérangemens qu'il lui cause. Les quantités qui la composent dépendent des arcs & des angles , qui mesurent la distance du soleil à son apogée & à la lune , la distance de la lune à son nœud , à son propre apogée & à celui du soleil. Toutes ces quantités sont ce qu'on appelle les équations de la lune ; & on y retrouve d'abord l'équation du centre (a) : celle-ci appartient à la partie elliptique , elle est commune à toutes les planetes ; c'est la découverte de Kepler. On retrouve ensuite les équations qui

(a) *Suprà*, Tome I, p. 97.

ont été reconnues par Ptolémée (a) & par Tycho (b) ; l'équation annuelle long-tems confondue avec l'équation du tems , & qui en fut séparée par Newton ; enfin une multitude de petites équations inconnues à Newton lui-même. On ne peut aujourd'hui déterminer pour un instant donné la place de la lune dans le ciel que par un calcul long & pénible : il n'y a cependant que deux causes , deux actions , celle de la terre & celle du soleil sur la lune , il semble qu'il ne devrait y avoir que deux équations ; mais ici ces deux actions semblent divisées en une infinité de portions , qui toutes ont une mesure particulière. Cette complication est sans doute un défaut ; il tient à l'espèce des méthodes d'approximation. Cette marche n'est point celle de la nature ; nos moyens sont petits , il nous en faut mille pour un des siens. Elle accomplit un grand dessein par un seul effort , & chaque effet ne doit avoir pour elle qu'un module. Mais nous , qui ne pouvons atteindre ce grand dessein , nous dont les méthodes sont nées dans notre tête & limitées par notre foiblesse , nous sommes obligés de partager ce dessein , de le mettre en pieces pour l'approcher de nous , pour le connoître ; de-là naît la multiplicité des mesures : & lorsque nous avons considéré ces parties , si nous avons l'art de les rejoindre , de reconstruire le tout que nous n'avons pu embrasser , nous devons admirer nos ressources , & nous applaudir d'une hardiesse aussi noble par son but , qu'heureuse par son succès. Foibles sans doute pour ce qui nous reste à faire , nous serons toujours grands par ce que nous avons fait : nous en aurons la preuve , si nous comparons la théorie avec les phénomènes ; la marche est la même. La théorie développe successivement les inégalités les plus sensibles , celles qui ont

(a) *Suprà* , Tome I , p. 275.

(b) *Ibid.* pag. 407.

frappé les yeux des Astronomes. Si nous n'avons pu surprendre la nature, sa manière simple d'opérer un effet, nous imitons du moins cet effet dans son développement, dans ce qu'il a de sensible pour nous ; nous faisons comme elle, mais par des circuits, & avec plus de peine. Quant aux grandes inégalités, déjà observées, la théorie est parfaitement d'accord avec l'observation ; c'est un juste motif de confiance pour les inégalités plus petites que l'observation n'a su démêler, mais que le calcul, dont les yeux sont plus fins & plus pénétrants, a saisies séparément, & qui, réunies en masse, ont un effet sensible dans les observations.

Cette foule d'équations nécessaires pour déterminer le lieu de la lune dans le ciel, n'est pas le seul effet de la force solaire. Le soleil a une puissance qui trouble & déplace tout ; une partie de sa force décomposée s'ajoute, comme nous l'avons dit, à la force centrale qui attire la lune vers la terre. Cette partie de la force du soleil agit particulièrement sur l'apogée, elle le déplace & lui donne un mouvement propre dans l'orbite même de la lune ; ou plutôt la force du soleil rend cette orbite mobile & la fait tourner autour d'un des foyers où la terre est placée. Les observations nous avoient révélé ce phénomène. Newton avoit dit que sa théorie donnoit avec exactitude la quantité de ce mouvement ; mais il avoit souvent parlé à la manière des Prophetes, qui disent ce qu'on ne peut voir : alors c'est la foi qui croit, il faut que la raison se soumette. Mais l'esprit n'est ni éclairé, ni tranquille ; son repos ne peut être établi que sur des démonstrations. On attendoit de la nouvelle solution du problème des trois corps, que Newton seroit justifié sur ce point, comme il l'avoit été sur tant d'autres. On fut bien étonné de trouver que la théorie n'indiquoit ici que la moitié du mouvement donné par les

observations , & cette erreur n'étoit pas légère ; car le mouvement de l'apogée étant de plus de quarante degrés par an , cette moitié étoit d'environ vingt degrés dans cet intervalle. Lorsque la théorie & l'observation diffèrent sur un fait , l'observation qui constate ce fait , ne permet point de doute ; il faut que le tort soit du côté de la théorie : & ce qui accusoit le plus cette théorie , c'est que les trois Géometres , sans s'être communiqué ni leurs résultats , ni même leur projet (a) , n'avoient , chacun de leur côté , trouvé par la théorie que la moitié du mouvement observé. Nous éclaircirons bientôt cette difficulté.

Mais la même force qui fait avancer l'apogée , agit aussi sur le plan de l'orbite de la lune ; ou , pour mieux dire , elle en retire la lune à chaque instant. En effet le soleil n'est pas dans ce plan , & puisqu'il tire à lui la lune , l'effet de son action est de la faire sortir de son orbite & de la transporter dans un nouveau plan. On peut donc considérer qu'elle en change à chaque instant ; mais qu'est-ce qui caractérise un plan tel que celui de l'orbite de la lune ? C'est son inclinaison sur l'écliptique , c'est le lieu où se font ses intersections avec ce cercle. La lune , en changeant continuellement de plan , doit s'abaisser ou s'élever sur l'écliptique , & voir ses nœuds répondre à différens degrés du zodiaque. La théorie , conforme à l'observation & à ce que Newton avoit annoncé , fait rétrograder constamment ces nœuds , qui parcourent ainsi l'écliptique dans une période de 18 ans $\frac{1}{2}$; & dans le même intervalle l'inclinaison varie , c'est-à-dire , le plan de l'orbite s'abaisse

(a) M. Euler avoit envoyé sa solution du problème des trois corps en 1747 , dans une pièce qui remporta le prix de l'Académie des Sciences de Paris en 1748 , sur la cause des inégalités de Saturne. M. d'Alembert avoit

remis sa solution cachetée au Secrétaire de l'Académie le 6 Novembre 1747 , & M. Clairaut lui son Mémoire & sa solution à l'assemblée publique du 15 Novembre de la même année.

& s'éleve de dix-huit minutes, comme Tycho l'avoit observé (a). Rien n'auroit été plus satisfaisant que ces résultats sans le mouvement de l'apogée qui sembloit rebelle à la théorie. Il n'en falloit pas davantage pour ébranler le principe qui lui sert de base ; il auroit été permis de douter de l'attraction , ou du moins de sa loi , si elle avoit été en défaut sur un phénomène aussi important & aussi considérable que celui du mouvement de l'apogée. Cependant assez de phénomènes déposoit pour l'attraction ; on ne pouvoit soupçonner que sa loi. Il étoit hardi d'oser réformer cette loi établie sur tant de phénomènes, devenue la base de tous les mouvemens célestes ; cette loi dictée par un homme qui avoit imprimé à la nation des Géometres & des Philosophes, & par eux à l'Europe entiere le même respect que Solon & Licurgue laisserent jadis dans Athènes & dans Lacédémone. M. Clairaut eut le courage de prendre ce parti, & ce fut par zele pour l'attraction ; il voulut écarter l'écueil où ce principe sembloit se briser. Voici comment M. Clairaut raisonna : dès que l'apogée ou les apsides d'une planete sont en mouvement , c'est une preuve que la force qui pousse cette planete vers un centre , ne suit pas exactement la loi du carré des distances ; il y a quelque différence ou quelque altération. Le soleil par sa force perturbatrice est bien une source d'altération , mais elle ne suffisoit pas ; elle ne donnoit que la moitié du mouvement de l'apogée. Il falloit donc que quelqu'autre cause produisît l'autre moitié ; il falloit donc que la force même qui émane de la terre sur la lune , ne suivât pas la loi du carré des distances. Mais en changeant la loi pour la conformer au phénomène de la lune , on ne devoit pas oublier que cette loi pure & simple suffisoit à toutes les autres planetes. M. Clairaut

(a) *Suprà*, Tome I, p. 408.

imagina de l'exprimer par deux termes, dont le premier suivait la raison du carré des distances, loi primitive & devenue presque sacrée ; l'autre terme varioit comme les carrés carrés, ou comme les quatrièmes puissances de la distance. Ce terme étoit très-petit, & même s'anéantissoit dans les orbites des planètes, qui sont toutes assez éloignées du soleil ; mais à la proximité où la lune est de la terre, il devenoit capable de produire le mouvement désiré (a). Cette propriété n'a rien qui doive étonner ; elle étoit l'ouvrage de l'art. Les suppositions mathématiques peuvent représenter tout ce qu'on veut ; elles n'apprennent rien, quand elles ne sont pas conformes à la physique, & même à la métaphysique des Sciences. M. de Buffon défendit la loi de l'attraction ; il établit qu'elle devoit être estimée par le carré inverse de la distance, comme toutes les qualités qui partent d'un centre ou qui y tendent, comme la lumière, la chaleur, les odeurs, &c. Selon lui, c'étoit une absurdité d'admettre deux termes dans l'expression de cette loi (b). Chaque terme, en pareil cas, est un module ; une propriété générale, une qualité unique ne peut avoir qu'une mesure unique & simple comme elle. Deux termes, deux modules indiqueroient deux principes de variations, deux loix d'attraction : ils détruiroient la simplicité supposée, nécessaire même dans cette qualité essentielle de la matière ; & pour

(a) Mém. Acad. Scien. 1745, p. 329.

(b) M. d'Alembert a remarqué depuis que cette loi composée seroit beaucoup trop grande pour expliquer la pesanteur des corps terrestres. (*Recherches sur différens points importans du système du monde*, T. I, p. 185). Ainsi on eût perdu d'un côté ce qu'on eût gagné de l'autre. Cependant M. Bouguer soupçonne que la loi du carré des distances ne fust pas pour rendre raison des phénomènes de l'attraction dans le point du contact. Il semble que la force soit alors

dans la raison inverse des cubes. M. Bouguer est disposé à admettre des parties de la matière qui agissent suivant différentes loix. (*Entretiens sur les causes des inclinaisons des planètes*, p. 51). Mais sans recourir à cette diversité de loix qui répugne à la simplicité de la nature, il semble qu'on peut attribuer ces différences apparentes à la figure des corpuscules primitifs & des élémens des corps ; figures, qui, comme on sait, changent beaucoup l'attraction de la masse.

les admettre, il faudroit imaginer deux matières différentes par leur nature & par leur force d'attraction (*a*). M. Clairaut répondoit que si son expression de l'attraction n'avoit pas la simplicité d'une cause unique, il falloit s'en prendre au langage inventé par les hommes; c'est la faute de l'algèbre, qui ne peut s'exprimer mieux (*b*). Cette excuse eût pu être admise; si elle avoit été nécessaire; mais la raison de M. de Buffon, conforme à l'analogie & à la métaphysique des choses, n'en étoit pas moins forte & pressante. La dispute finit, parce qu'elle n'eut bientôt plus d'objet. Si M. Clairaut fut entraîné par une erreur dans le parti extrême de changer la loi de l'attraction, il eut pour complices les deux plus célèbres Géomètres de l'Europe, M. d'Alembert & M. Euler: il fut le premier à reconnoître cette erreur (*c*); il s'empressa d'en faire le désaveu & à la Société royale de Londres, & à l'Académie des Sciences de Paris, le 17 Mai 1749 (*d*). Une quantité négligée dans l'approximation en étoit la source: le principe de l'attraction fut donc rétabli dans toute son intégrité, & M. Clairaut eut la gloire de le reconcilier avec la nature. M. d'Alembert & M. Euler revirent leurs calculs (*e*), & ils trouverent la cause de l'erreur à la même source, où les mêmes difficultés les avoient tous trois également trompés.

La solution du problème, qui fait tant d'honneur à notre siècle, appartient donc également à MM. Clairaut, d'Alembert & Euler: les successeurs d'Alexandre se sont partagé son empire; le sceptre de Newton a passé dans les mains de ces trois Géomètres. Newton avoit régné seul: il peut être pénible d'avoir des émules, & sur-tout des égaux; on n'a qu'une part dans la

(*a*) Mém. Ac. Sc. 1745, p. 493, 551, 580.

(*b*) *Ibid.*, p. 529, 578, 583.

(*c*) M. d'Alembert, Recherches sur le système du monde, Dis. prél. p. XXXIX.

(*d*) Mém. de l'Acad. des Scien. 1745, p. 578.

(*e*) Tranfactions philosophiques, 1751, p. 264.

gloire acquise , dans l'admiration du siècle , & dans la reconnaissance des âges , mais il est beau de ne trouver des égaux qu'au premier rang ! Comme personne ne peut être comparé à Newton , ce grand homme ne doit faire envie à personne : il est l'auteur d'une illustre famille ; il a laissé plusieurs enfans aussi nobles que lui. Si cette rencontre & cette concurrence ont quelque désagrément pour les inventeurs , elles sont heureuses pour l'esprit humain. La foule qui écoute , acquiert bien plutôt la certitude. Les mêmes résultats , sortis de plusieurs mains , produits par différens examens , conduisent plus promptement à l'évidence , & soumettent plus facilement les esprits.

Il résulte du travail de ces trois Géometres une confirmation complète du système de Newton. L'apogée , les nœuds de la lune se meuvent , le plan de l'orbite s'abaisse & s'élève , comme sa loi l'ordonne. Les grandes inégalités déjà observées , en dérivent naturellement ; les petites s'accumulent pour que le calcul puisse suivre dans le ciel cette planète si long-tems rebelle , & s'arrêter précisément au lieu désigné par l'observation. Les Tables du mouvement de la lune que M. Clairaut a construites sur la solution particulière du problème des trois corps , représentent toutes ces observations avec une précision qu'il paroît difficile de surpasser. M. Mayer , Astronôme & Géometre de Gœttingue , a comparé la théorie avec les phénomènes , & a essayé de rectifier toutes les inégalités sur un grand nombre d'observations ; ce n'est donc plus le résultat de la seule théorie : on ne peut cependant blâmer M. Mayer , puisque M. Clairaut s'est également permis cette espece de correction. Aussi quoique les Tables de l'Astronôme aient été louées , comme elles le méritent , & qu'elles aient eu part au prix de la longitude en Angleterre , celles de M. Clairaut ne leur cèdent en rien. Plus de 500 lieux de la lune , récemment calculés par

M. Lemery, prouvent que les Tables de M. Clairaut donnent le plus souvent, comme celles de M. Mayer, une erreur au-dessous d'une minute; il y a même cela de remarquable, que quoique M. Clairaut ait rectifié sa théorie & ses coefficients sur les phénomènes, M. Euler (a), en n'employant que la théorie seule, a retrouvé les mêmes quantités. M. Clairaut eût donc pu y arriver, en poussant plus loin le calcul, ce qui démontre les forces de cette théorie & le mérite de la solution. Tout dépend aujourd'hui des méthodes d'approximation; elles viennent d'être perfectionnées par MM. Euler, d'Alembert, la Grange, Condorcet & la Place (b). Nos essais successifs, qui tendent vers la perfection, sans jamais l'atteindre, sont l'inconvénient de ces méthodes: en commençant un calcul long & pénible, en avançant dans ce labyrinthe, on écarte, pour simplifier, les quantités qui semblent pouvoir être négligées; il faut toujours marcher la balance à la main, pour peser leur influence, ou présente, ou éloignée. Il résulte toujours quelque incertitude de ces estimations délicates. On doit encore s'étonner que l'esprit humain n'ait pas manqué la route à travers ces difficultés; il faut le louer d'avoir approché si près du but. La loi de Newton est parfaitement vérifiée; ce succès suffit à la philosophie, qui demande le mécanisme secret des mouvemens célestes. Si nous desirons davantage, c'est que Newton & les Géomètres du siècle présent nous ont rendu difficiles.

Il restoit un problème important sur lequel Newton n'avoit point entièrement satisfait la curiosité, ni tranquillisé la philosophie, dont le doute est le caractère; c'est le problème de la précession des équinoxes. Nous avons dit qu'elle étoit

(a) *Theoria motuum luna*, 1772.

(b) Euler, *Ibid.*

M. d'Alembert, *Opusculs math. & Mém.*
de Turin.

M. de la Grange, *Mém. de Turin*, T. III.

M. de Condorcet, *Mém. Acad. Scien.*

1769, 1771.

M. de la Place, *Ibid.* 1777.

l'imperfection & l'incertitude de la solution de ce grand homme (a). Cette question est une des plus intéressantes du système du monde : chaque année les équinoxes rétrogradent de cinquante secondes, les étoiles s'avancent le long de l'écliptique de la même quantité ; & depuis que l'Astronomie est cultivée, elles ont peut-être parcouru sous nos yeux le quart du zodiaque (b). Newton avoit bien trouvé par sa théorie cette quantité de cinquante secondes : il l'avoit dit ; mais il falloit de la foi pour le croire. Génie supérieur, il avoit mérité cette foi ; mais il étoit homme, il pouvoit se tromper. La Géométrie ne reconnoît aucune autorité, pas même celle de Newton ; & c'est tout dire : son essence est de conserver la vérité, qui n'a que cet asile sur la terre. Un autre phénomène récemment découvert demandoit une explication : c'est ce petit mouvement apperçu dans les étoiles par le célèbre Bradley ; c'est cette nutation de l'axe que cet Astronôme avoit attribuée à l'action de la lune sur le globe, où elle opère un balancement semblable à celui que le soleil doit y causer, & que Newton avoit annoncé. Ces vues de Bradley étoient vraisemblables : mais une cause soupçonnée n'est pas une cause reconnue ; la gloire de la démonstration restoit entière. Il falloit, pour la nutation, comme pour la précession, demander compte à la lune de son action, voir comment les différentes parties du globe lui étoient différemment soumises ; & au milieu de tous ces effets particuliers, calculer les effets généraux qui en résultent & qui peuvent se manifester. M. d'Alembert pensa qu'il falloit chercher une explication de ces deux phénomènes, en n'employant que les loix connues du mouvement, & l'attraction, en raison inverse du carré des distances. Il attaqua ce beau pro-

(a) *Suprà* Tome II, p. 525.

(b) *Astronomie ancienne*, p. 74.

blême avec le même courage & les mêmes ressources qu'il avoit employées pour la lune. Le succès a été complet : il a donné la vraie théorie de ce phénomène ; & en rectifiant celle de Newton , il a eu la gloire de relever quelques erreurs échappées à ce grand homme. Newton avoit dit que le principe de l'attraction donnoit la vraie quantité de la précession des équinoxes , mais il y étoit arrivé par une sorte d'estime ; & s'il a été justifié à cet égard , les preuves appartiennent à M. d'Alembert. C'est en calculant les forces du soleil & de la lune pour mouvoir chaque particule du globe terrestre , que M. d'Alembert parvient à déterminer l'effet total qui en résulte sur le globe , c'est-à-dire , le déplacement de son axe. Ce déplacement est exprimé par deux formules , dont la première représente le mouvement circulaire de cet axe autour de l'axe de l'écliptique ; mouvement qui est la même chose que la précession constante des équinoxes : la seconde donne le balancement de ce même axe vers l'écliptique ; balancement découvert par M. Bradley , & connu sous le nom de nutation (a). Newton , nous l'avons dit (b) , avoit considéré l'anneau , ou la protubérance de la terre à l'équateur , comme partagé en une infinité de lunes , qui circulent autour de son centre , & il avoit dit que leur mouvement étoit le même , soit qu'elles fussent adhérentes , ou isolées. M. d'Alembert est parvenu à la démonstration de ce principe , que Newton n'avoit point donnée. Ce grand homme avoit estimé encore assez vaguement l'action de la lune ; il avoit supposé que les mouvemens étoient proportionnels aux forces ; enfin & c'est sans doute la principale source de l'erreur , il n'avoit point eu égard au mouvement diurne de la terre , qui , suivant M. d'Alembert , peut porter la précession due au soleil , de dix secondes à vingt-quatre.

(a) M. d'Alembert, Rech. sur la préces. des équinoxes & sur la nutation de l'axe de la terre.

(b) *Suprà* , Astronomie mod. Tome II , page 525.

La même cause, qui produit la nutation, produit aussi une inégalité dans la précession des équinoxes. Ces deux phénomènes, la nutation & l'inégalité de la précession appartiennent uniquement à l'action de la lune; la précession à l'action combinée du soleil & de la lune. Il y a un inconvénient dans cette recherche, c'est que la lune n'ayant point de satellite, qui tourne autour d'elle, on ne peut connoître sa masse, ou la quantité de son attraction; on ne peut estimer cette masse que par d'autres effets, assez petits, assez difficiles à observer pour laisser de l'incertitude. Les forces dépendent des masses. M. Bernouilly a déduit du phénomène des marées que la force de la lune pour élever les eaux de la mer, étoit à celle du soleil comme deux à cinq (a). Dans la recherche présente, si on compare ce que donne, d'une part, la théorie pour la nutation, la précession & son inégalité, à ce que de l'autre, l'observation donne, savoir, dix-huit secondes pour la nutation, & cinquante secondes pour la précession, on peut en déduire le rapport des forces du soleil & de la lune, que M. d'Alembert trouve être de 2 à $4\frac{2}{3}$; cependant, pour représenter en particulier le phénomène des marées, il faudroit que ces forces fussent dans le rapport de deux à cinq. Cette petite différence dans l'estimation & dans le rapport que donnent, pour les mêmes forces, les deux phénomènes de la précession & des marées, montre qu'il y a quelque circonstance qui modifie ces forces dans l'un ou dans l'autre cas. M. d'Alembert pense que cette circonstance est le défaut d'homogénéité dans l'intérieur de la terre. L'applatiffement du globe nous avoit déjà conduit à cette conclusion. Mais ce qui est un grand avantage de la théorie de M. d'Alembert, c'est qu'il démontre

(a) Traité sur le flux & le reflux, piece des prix de l'Académie, Tome IV.

que quelle que soit la densité des couches intérieures, le rapport entre la précession & la nutation restera le même. On pourra donc toujours comparer ces deux phénomènes, quoiqu'on ignore cette densité. Destinés, comme nous le sommes, à ne parcourir que la surface de la terre, à ne jamais pénétrer fort avant au-delà de cette surface, & à ignorer toujours l'organisation profonde & centrale du globe, c'est un grand point de pouvoir nous passer des connoissances qui nous sont refusées. M. d'Alembert est le premier qui soit entré dans cette route après Newton : il y a porté la lumière & la certitude ; & il a donné la première solution rigoureuse de cet important problème. M. Euler, à peu près dans le même tems, en a donné une autre solution (a) ; mais si les deux Géometres se sont encore rencontrés, M. Euler s'est fait honneur de céder à M. d'Alembert toute priorité de recherche à cet égard.

Le phénomène du flux & du reflux de la mer est assez remarquable, & par sa constance, & par ses variations, pour qu'on cherche à l'approfondir. L'Académie des Sciences de Paris en demanda la cause & l'explication pour le sujet du prix de 1740 : quatre pieces partagerent ce prix, l'une du P. Cavalleri, Jésuite, fondée sur les tourbillons, est ensevelie dans leur ruine ; les trois autres étoient de MM. Euler, Mac-Laurin, Daniel Bernoulli. Celles-ci fondées sur le principe de la gravitation, ont pour garans de leur durée la solidité de ce principe, & le mérite éminent de leurs auteurs. M. Daniel Bernoulli, que cet ouvrage & beaucoup d'autres ont placé à côté de ses peres, a rectifié le calcul de Newton, qui avoit donné à la lune trop d'empire sur les eaux. Newton lui avoit supposé une force pour élever la mer, qui étoit à

(a) Mémoires de l'Acad. de Berlin, 1749.

celle du soleil comme $4\frac{1}{2}$ est à 1. M. Bernouilly, comme nous l'avons dit, restreignit ce rapport à celui de $2\frac{1}{2}$ à 1, ou de 5 à 2. Newton n'avoit donné qu'un aperçu de la solution de ce problème; il avoit montré que le soleil & la lune pouvoient élever les eaux de la mer, plutôt qu'il n'avoit suivi en détail les effets de ces deux puissances. Newton, dans le besoin de comparer sa théorie à la nature entière, l'appliquoit successivement à tous les phénomènes; pressé d'achever une longue carrière, un accord apparent, que le tact du génie savoit apprécier, lui suffisoit. On peut dire que le problème du flux & du reflux n'étoit pas résolu: il le fut, & il avoit deux grandes difficultés; l'une, que tandis que l'astre marche dans son orbe en attirant les molécules de la mer, la terre tourne sur elle-même, & emportant ces molécules avec elle, les éloigne de l'action qui les élève; l'autre, que ces eaux, obligées de se mouvoir pour obéir à cette action, frottent dans leur marche contre le fond, contre les côtes, se détournent quand ces côtes font obstacle, se nuisent elles-mêmes par leur inertie, & trouvent dans leur ténacité une résistance qu'il faut vaincre. Ces causes secondaires modifient le mouvement des eaux & changent l'effet de l'action des astres. Newton n'avoit point considéré ces résistances; il avoit supposé un astre sans mouvement, élevant ou abaissant les eaux sur un globe immobile. Nous ne pouvons étendre nos connoissances, approfondir la nature qui se défend par mille difficultés, qu'en isolant ces difficultés, pour les attaquer & les lever les unes après les autres. M. Bernouilly & les deux Géomètres ses émules ont considéré d'abord, comme Newton, un astre sans mouvement, agissant sur un globe immobile; mais après cette première solution, ils ont rendu le mouvement à l'astre & au globe, & ont cherché par des méthodes d'approximation ce que ce mou-

vement pouvoit changer à leur premier résultat. C'est ainsi qu'on passe à côté d'une difficulté, quand le tems n'est pas venu de la vaincre. M. Euler a calculé l'effet de l'inertie des eaux & de leur résistance dans les hypothèses les plus vraisemblables. M. d'Alembert a traité la même question dans ses réflexions sur la cause des vents: il en a donné même les équations générales; mais il a été arrêté par la difficulté d'intégrer. Car pour remonter aux grandeurs, ce calcul inventé par Newton, constamment étendu & perfectionné de nos jours, nous manque encore à tous momens. Mais ce qui est très-remarquable, c'est que dans ce même ouvrage, où M. d'Alembert, parvenu à des intégrations alors impossibles, recouroit à des suppositions pour éluder une difficulté insoluble, il a fourni lui-même les moyens de la vaincre, en découvrant une nouvelle branche du calcul intégral, celle des équations aux différences partielles. Cette invention est la source d'une infinité de progrès; c'est un nouvel instrument entre les mains de l'analyste, & un moyen de plus pour la recherche des causes. En conséquence de ces progrès, M. de la Place a cru devoir retraiter en 1777, dans toute leur généralité les questions du flux & du reflux de la mer, & de la précession des équinoxes. La Géométrie avoit alors des forces plus puissantes. Quelques phénomènes du flux & du reflux n'étoient point expliqués par la théorie, ou même ses résultats paroissoient contraires à la nature; cette théorie, par exemple, donnoit des différences assez considérables entre les deux marées d'un même jour, & l'observation démonstroît que ces marées étoient sensiblement égales. Ce n'étoit pas une raison de douter de la cause, mais l'explication restoit incomplète; il étoit clair que la théorie, embarrassée par les difficultés, s'étoit égarée dans sa marche, & n'avoit pas tout embrassé. M. de la Place a donc déterminé

l'effet des forces du soleil & de la lune sur les eaux, en ayant égard à l'oscillation & à la résistance de ces eaux, en laissant les astres se mouvoir dans sa solution, comme dans la nature; & cette solution est rigoureuse, quelle que soit la densité du fluide, & le mouvement de l'astre qui le souleve. La profondeur de la mer est une circonstance qui modifie le phénomène; il faudroit donc connoître l'une pour calculer l'autre; mais ce n'est pas ainsi que nous opérons, nous à qui les causes ne sont dévoilées que par les effets. On nous donne ici un moyen de déterminer la profondeur de la mer; nous n'avons qu'à faire différentes hypothèses, la vraie profondeur sera celle qui représentera le mieux les marées observées. La théorie montre que cette profondeur est partout à peu-près la même sur le globe, & seulement un peu plus grande au pôle qu'à l'équateur. Les marées sont d'autant plus hautes qu'elle est plus petite; enfin, pour satisfaire à tout, il faut supposer que cette profondeur est d'environ quatre lieues; alors les deux marées du même jour, qui différoient dans les premières solutions de la théorie, sont sensiblement égales dans ce nouveau calcul, comme dans l'observation (a). M. de la Place n'a point traité des autres phénomènes du flux & du reflux: il est revenu sur ces questions pour reprendre & soumettre les difficultés laissées en arrière; il n'a rien trouvé à ajouter aux déterminations des Géomètres ses prédécesseurs.

Mais cette masse fluide qui couvre une partie de la terre, qui se meut pour obéir à l'action des astres, & retomber par son poids, ne peut-elle pas avoir quelque influence sur la précession des équinoxes & sur la nutation de l'axe de la terre? Newton & les Géomètres, qui depuis lui ont traité cette

(a) Mém. de l'Acad. des Scien. 1776, p. 525.

question, avoient considéré la terre omme un globe entièrement solide. Les dérangemens de ce globe, les petits mouvemens qu'il reçoit sont-ils les mêmes, lorsqu'il a seulement une masse compacte & solide, ou lorsque cette masse est recouverte d'un fluide plus ou moins profond ? La différence pourroit être sensible. Quelqu'hypothèse que l'on adopte sur la figure & la densité des couches terrestres, sur la profondeur & la densité de la mer, les loix, la marche, les rapports de la précession & de la nutation, comme l'a dit M. d'Alembert (a), sont immuables ; mais il n'en est pas de même de la quantité absolue de ces phénomènes. Il y a telle de ces hypothèses, qui, en ayant égard à l'influence de la mer, donneroit la précession nulle, & telle autre qui la feroit dépendre toute entière de cette influence. M. de la Place parvient même à ce résultat, que si on suppose la terre homogène, & d'une densité égale à celle de la mer, il n'y aura ni précession, ni nutation. Or ces suppositions sont celles que Newton a adoptées pour déterminer le flux & le reflux de la mer, & la figure de la terre. S'il les avoit suivies dans la recherche de la précession des équinoxes, plus la solution auroit été exacte, plus elle auroit été en erreur. Nous ne dissimulons rien, puisque nous disons les fautes de Newton : mais la maturité des siècles, qui est le fruit de l'expérience & du génie, juge & corrige le génie même ; l'âge perfectionne les sciences, comme il instruit les hommes. Nous avons une précession & une nutation, parce que la densité de la mer n'est point égale à celle de la terre, parce que notre globe n'est point homogène. Enfin la profondeur, partout à peu près égale de la mer, déjà prouvée par l'égalité des deux marées du même jour, rend ces mouvemens

(a) *Suprà*, p. 160.

du globe entièrement indépendans de ceux du fluide qui le couvre(a). La nouvelle considération, introduite dans le calcul par M. de la Place, ne change donc rien aux déterminations de M. d'Alembert; mais il étoit nécessaire de le savoir. Lorsque nous ajustons nos théories aux opérations de la nature, on ne peut être tranquille qu'après avoir tout considéré & tout pesé. On a fait une découverte, quand on a montré qu'une cause existante est balancée, & que son effet est insensible.

Ces mouvemens de précession & de nutation ne sont point particuliers à la terre; ils appartiennent à tous les globes, qui s'écartent de la figure sphérique, & sont renflés dans quelques-unes de leurs parties. Ce renflement, plus attiré que le reste par les corps voisins, reçoit des mouvemens particuliers qu'il communique à la masse du globe. Non seulement la lune doit être, comme la terre, un peu élevée à son équateur; mais, nous l'avons dit (b), sa constance à nous présenter toujours la même face, soumettant toujours les mêmes parties à l'action que nous exerçons sur elle, doit la rendre un peu alongée, dans le sens de celui de ses diamètres qui est dirigé vers nous.

Newton avoit examiné en Géometre les conséquences de cette figure de la lune. Il pense que c'est en vertu de cet alongement que la planète nous présente toujours la même face; il a cru que c'étoit aussi la cause de sa rotation. Cette protubérance attirée par la terre, tend toujours à revenir en face de nous, au moins par des oscillations; c'est là son point de

(a) Mémoires de l'Aca. des Scien. 1776, p. 229; 1777, p. 329.

M. de la Place est parvenu à ce théorème. Si l'on suppose que la terre est un ellipsoïde de révolution recouvert par la mer, la fluidité des eaux ne nuit en rien à

l'effet des attractions du soleil & de la lune sur la précession & la nutation, en sorte que cet effet est entièrement le même que si la mer formoit une masse solide avec la terre. *Ibid.* 1777, p. 331.

(b) *Suprà*, p. 53.

repos. Mais pour que le sommet de cette protubérance soit sans cesse ramené vis-à-vis de la terre, il faut que la lune tourne peu à peu, en même tems qu'elle décrit son orbe, & que pendant la durée qu'elle y emploie, elle acheve une révolution entière autour d'elle-même. (a) M. d'Alembert (b) s'étoit déjà occupé dès 1754 & 1761 (c) de cette question analogue à celle de la précession des équinoxes; c'étoit un cas particulier de sa solution générale. Il ne pense pas, comme Newton, que la figure alongée de la lune ait pu produire sa rotation: cet alongement n'est que de 186 pieds; c'est une bien petite cause pour un si grand effet. Quoi qu'il en soit, la figure de ce globe, les phénomènes observés dans le mouvement de ses nœuds étoient assez singuliers pour que l'on fût curieux d'en connoître les causes. Elles furent le sujet du prix donné en 1764 par l'Académie des sciences de Paris, & remporté par M. de la Grange. M. de la Grange trouve qu'en conséquence de l'alongement de la lune vers la terre, la lune est assujettie à une oscillation autour de son axe, qui accélère ou retarde sa rotation, & dont l'effet total & constant a été d'altérer cette rotation primitive, jusqu'à ce qu'il l'ait amenée insensiblement au point de l'égalité avec la révolution périodique; égalité qui est le phénomène le plus singulier de notre système. Cette conclusion est vraisemblable: l'analogie nous autorise à croire que quelle que soit la cause qui fait tourner les planetes sur elles-mêmes, cette cause doit être générale & la lune n'a pas dû y échapper plus que les autres corps célestes. On concevrait avec peine comment une légère altération de figure dans la lune a pu lui créer un mouvement de rotation; mais

(a) Princip. math. Lib. III, Propos. 38.

(b) Rec. sur le syst. du monde, T. II. p. 256.

(c) Ibid. p. 243, & dans le second volume de ses opuscules.

on conçoit que cette altération de figure a pu modifier la rotation, & amener l'identité des deux mouvemens. Cette figure alongée fournit encore l'explication d'un autre phénomène aussi extraordinaire; c'est celui qui a été remarqué par Jacques Cassini. Les nœuds de l'équateur & ceux de l'orbite lunaire doivent reculer d'un pas égal, & dès qu'ils ont été vus au même lieu, ils ne doivent jamais se quitter (a). M. de la Grange a même mandé depuis peu à M. de la Place que ce phénomène étoit si bien une conséquence immédiate de la théorie, que ses calculs le lui auroient fait découvrir, quand même il n'eût pas été reconnu par l'observation. M. d'Alembert a repris les premiers principes établis par lui en 1754; il les a développés dans deux mémoires en 1768 (b), & les deux célèbres Géomètres se sont trouvés entièrement d'accord. Les phénomènes les plus singuliers sont donc les effets nécessaires de la gravitation; ceux qu'on ne voit pas, deviennent les causes de ceux qu'on apperçoit. Cet alongement de la lune, qui est un effet nécessaire, mais inobservé de sa gravitation vers la terre, est la cause secondaire de sa constance à nous montrer la même face, & de la singularité observée dans les mouvemens de ses nœuds.

Voilà ce que la Géométrie a fait pour expliquer les phénomènes qui ont lieu sur les globes des planetes. Si nous passons au mouvement de ces globes dans leurs orbes, le même principe qui les enchaîne dans des ellipses, doit expliquer leurs écarts de la loi générale. On a examiné d'abord la lune, dont les inégalités sont plus sensibles & plus intéressantes; d'ailleurs cette première solution devenoit générale, puisqu'on retrouve partout le problème des trois corps. Après la lune, il n'est

(a) Piece du prix pour 1764. *Suprà*, p. 54.

(b) Mém. Ac. des Sc. 1768, p. 1 & 332.

point de planetes qui aient montré des écarts plus sensibles que Saturne & Jupiter; c'étoit donc par ces planetes que devoit commencer l'histoire de ces dérangemens. Ce fut le sujet de deux prix proposés par l'Académie des Sciences de Paris pour 1748 & 1752, & remportés tous les deux par M. Euler; M. Euler à qui l'on doit une des premières solutions du problème des trois corps; M. Euler qui a tout embrassé, & tout perfectionné dans l'analyse & dans la science du mouvement; aujourd'hui vieillard illustre, privé de la vue, mais conservant encore son génie, & glorieusement assis à la fin d'une longue carrière. Il résulte de la profonde théorie qui est renfermée dans ses deux solutions, que les inégalités de Jupiter & de Saturne naissent naturellement de leur gravitation mutuelle; elles forment plusieurs équations qui sont les quantités dont le mouvement régulier, elliptique, produit par l'action du Soleil, est troublé par celle de la planete voisine, c'est-à-dire, de Jupiter, lorsqu'il s'agit de Saturne, & de Saturne, lorsqu'il s'agit de Jupiter. Il y a une chose très-remarquable dans cette théorie; elle naît d'une difficulté du problème des trois corps, particulière à la question proposée. Quand on a traité des dérangemens que le Soleil cause à la Lune, le Soleil, quoique puissant est très-éloigné, le rapport de sa distance à celle de la Lune est toujours une fraction assez petite; & dans la nécessité des approximations on a l'effet de l'action perturbatrice par une suite de quantités qui diminuent successivement, mais assez rapidement pour qu'on puisse négliger les dernières. Dans le cas de Jupiter troublant Saturne, la distance mutuelle de ces deux planetes est souvent presque égale à celle de Jupiter même au Soleil; la fraction qui en résulte est très-grande & presque égale à l'unité. Alors la méthode d'approximation donneroit une suite de termes qui ne décroîtroient pas assez vite

vîte ; il faudroit en employer un nombre infini. M. Euler a levé cette difficulté de la manière la plus heureuse : l'idée appartient à l'histoire de la Géométrie ; nous n'en parlons ici que pour faire honneur au génie, & parce qu'elle a été la clef de toutes les recherches de ce genre. M. Mayer, Astronôme de Goettingue, a comparé cette théorie de M. Euler aux observations, & les observations ont montré qu'elle étoit conforme aux phénomènes, c'est-à-dire, que le calcul employant les petites équations de la théorie, représentoit mieux le mouvement de la planete. Mais ces dérangemens sont périodiques ; ils croissent, s'arrêtent, diminuent pour recommencer dans le même ordre, après vingt ou trente années. On n'y retrouve point l'inégalité par laquelle depuis vingt siècles le mouvement de Saturne se ralentit, tandis que celui de Jupiter est accéléré. Ces altérations constantes, & qui s'accumulent avec le tems, ont forcé les Astronomes, fidèles à suivre la nature, d'introduire dans leurs calculs des équations indiquées par cette même nature, mais dont la cause étoit inconnue. Ce sont ces équations qu'on nomme séculaires, parce qu'elles sont nécessitées par les siècles & qu'elles croissent avec eux. Comme la cause de cette inégalité est encore une question, nous n'en parlerons que dans le discours suivant ; nous indiquons ici les pas fermes & sûrs de la Géométrie, & nous ne rapportons que ses oracles.

Ces preuves sensibles, dans le mouvement de Jupiter & de Saturne, des perturbations que se causent mutuellement ces deux planetes, annonçoient que toutes les autres devoient avoir & des actions, & des inégalités semblables. Celle dont le mouvement nous intéresse le plus, est la Terre qui nous porte, ou le Soleil à qui nous attribuons son mouvement par une vieille erreur qui n'est plus que dans le langage. Le Soleil

donc est l'astre dont il nous est le plus important de connoître le mouvement apparent : ce mouvement est la mesure de tous les autres ; il n'y a presque point de calcul qui ne suppose un lieu du Soleil. Si nous manquons de Tables exactes pour le calculer , chaque pas que nous voudrions faire sera une erreur. Les Tables de cet astre sont un présent que M. de la Caille a fait à l'Astronomie & à son siècle ; elles sont assez bonnes pour effacer toutes les autres plus anciennes , & pour rester longtemps les meilleures. Mais la Terre doit obéir à l'action des planetes voisines ; Jupiter , Vénus , la Lune même peuvent déranger plus ou moins sa course annuelle , & ces dérangemens nous feront sensibles dans la marche apparente du Soleil. L'Académie des Sciences de Paris demanda pour le sujet du prix de 1756 , la théorie de ces dérangemens. M. Euler , qui le remporta , prit un point de vue plus vaste ; il établit une théorie générale de l'action mutuelle de deux planetes quelconques l'une sur l'autre. La Terre troublée par Jupiter , Vénus ou la Lune , n'en étoit qu'un cas particulier (a). M. Clairaut traita aussi cette question dans un très-beau Mémoire ; il donna toutes les inégalités que ces trois planetes causent au mouvement de notre globe (b). M. de la Caille se hâta d'enrichir ses Tables du Soleil de ce nouveau moyen de perfection. Le calcul (c) devint encore plus conforme aux observations , & grace à la Géométrie , les résultats de la science humaine approcherent de plus près ceux de la nature. M. de la Lande appliqua cette théorie de M. Clairaut au mouvement de Mars , troublé d'un côté par Jupiter , & de l'autre par la terre. Ces inégalités peuvent monter à deux minutes (d) , & par consé-

(a) Recueil des prix , Tome VIII.

(b) Mém. de l'Acad. des Scien. 1754 ,
p. 321.

(c) Mém. de l'Acad. des scienc. 1757

p. 116.

(d) Ibid. 1757 , p. 204 ; 1761 , p. 252

quent ne doivent pas être négligées. M. Mayer y appliqua également la théorie de M. Euler, & trouva les mêmes quantités. M. de la Lande détermina ensuite les inégalités de Vénus; elles peuvent aller à trente secondes (a). Le P. Walmesley, Géometre Anglois, connu par plusieurs recherches analytiques, & entr'autres par celle du mouvement des apfides des planetes, a calculé ces inégalités de Vénus, & a trouvé des résultats conformes à ceux de M. de la Lande (b).

Tous ces dérangemens que les planetes se causent sont semblables à ceux que la Lune éprouve du Soleil; ce sont d'abord des inégalités dans le mouvement qui leur fait parcourir leur orbite; mouvement ralenti dans une partie de la course, & précipité dans l'autre: c'est ensuite un petit mouvement imprimé aux lignes des apfides & des nœuds, mais direct pour les apfides, & rétrograde pour les nœuds; c'est enfin un changement encore plus léger dans l'angle de l'inclinaison de l'orbite (c). Ces altérations plus grandes, plus sensibles dans l'orbite de la Lune, parce que le Soleil qui les produit est puissant, sont très foibles dans les autres orbes, où elles sont dues à des planetes bien inférieures en force. Ce sont les mêmes effets, mais en petit.

Ces légers mouvemens des apfides & des nœuds des planetes sont plus ou moins d'accord avec les observations, parce que les observations sont plus ou moins incertaines sur la détermination de ces quantités, qui ne peuvent se manifester qu'en s'accumulant, & dont le tems amene & perfectionne lentement la connoissance. Mais comme l'industrie de l'homme se

(a) Mém. de l'Acad. des Scien. 1760, p. 309.

(b) Trans. philos. 1761, p. 300.

(c) Ce changement de l'inclinaison, pro-

duit par les perturbations étrangères, n'est sensible que dans l'orbite de la Lune; il est infiniment petit dans toutes les autres planetes.

replie pour assiéger la nature de tous côtés, cette industrie finit toujours par trouver quelque part les preuves des choses, dont elle a trouvé ailleurs les indices. Les nœuds de l'orbite de la terre, c'est-à-dire de l'écliptique, rétrogradent par la loi générale, sur les orbites de Jupiter & de Vénus, en vertu de l'action de ces deux planetes. Si l'observation cherchoit directement les preuves de ce mouvement constant, mais lent, il faudroit des siècles pour les développer. Deux phénomènes connus & observables vont le manifester : l'un est le changement de la latitude des étoiles; l'autre est la diminution de l'obliquité de l'écliptique. Tout cercle tracé dans le ciel, a nécessairement des relations avec les autres cercles de la sphère; ces relations dérivent de sa position actuelle: il ne peut changer à l'égard d'un de ces cercles, sans changer de relations avec tous les autres. Notre écliptique coupe l'équateur, par exemple, en certains points, & sous un certain angle, elle ne peut rétrograder & se mouvoir sur l'orbite de Vénus & de Jupiter, sans se mouvoir aussi à l'égard de l'équateur, sans le couper en d'autres points (*a*) & sous un autre angle. Il résulte de ce mouvement que l'écliptique s'approche ou s'éloigne de certaines étoiles, comme M. Cassini l'a remarqué le premier en 1734 par les observations (*b*), & comme M. Euler l'a démontré en 1748 par la théorie (*c*). Les latitudes des étoiles ne sont plus aujourd'hui ce qu'elles étoient au tems d'Hypparque & de Ptolémée, & elles ont augmenté ou diminué conformément

(*a*) Dès que les sections de l'écliptique & de l'équateur, c'est-à-dire, les équinoxes sont changées, la précession constante des équinoxes doit être altérée par cette même cause; elle doit être différente dans les différens siècles, & n'est plus la même aujourd'hui qu'elle étoit il y a 2000 ans. La quan-

tité de cette altération est très-petite, l'observation seule n'eût pu nous la dévoiler; c'est une lumière & un bienfait de la Géométrie.

(*b*) Mém. de l'Acad. des Scien. 1734, p. 115.

(*c*) Pièce du prix, p. 79.

à la cause indiquée par M. Euler. Voilà donc le premier phénomène qui nous révèle le mouvement de l'écliptique. Ce n'est pas tout; nous avons dit que l'angle de l'écliptique avec l'équateur, l'angle que nous nommons l'obliquité de l'écliptique, devoit être altéré; cette altération est une diminution. En effet, depuis Eratosthènes & Hypparque, on a observé que l'obliquité de l'écliptique sembloit devenir toujours plus petite; en sorte que nous trouvons aujourd'hui vingt-trois minutes de moins sur cet angle qu'Eratosthènes. Quoique cette quantité soit sensible, on a disputé long-tems; les Astronômes se sont partagés pour adopter ou pour nier cette diminution; Mais on ne peut plus en douter, depuis que M. Euler a fait voir qu'elle étoit une conséquence de la théorie (a). Voilà donc le second phénomène qui constate le mouvement, d'ailleurs insensible, imprimé à notre orbite par l'action des astres voisins. Cette diminution de l'obliquité de l'écliptique est réelle & constante dans les circonstances actuelles où la terre se trouve à l'égard des planetes. Si l'observation & la théorie sont d'accord pour constater l'existence & la cause de cet effet, elles ne sont pas dans le même cas relativement à sa quantité: l'observation n'est pas plus d'accord avec elle-même que la théorie; elle varie depuis une minute jusqu'à trente secondes de diminution dans un siecle (b). Mais ces incertitudes ne doivent point étonner dans les observations; les anciennes sont trop grossières, les modernes sont trop proches les unes des autres: nous avons besoin d'un siecle encore pour fixer cette petite quantité. Ces incertitudes n'ont rien de plus singulier dans la théorie; on est obligé d'employer des élémens tels que

(a) Mém. Ac. de Berl. T. X, 1754, p. 320.

(b) M. Cassini le fils nous a dit que ses recherches sur l'obliquité de l'écliptique, déterminée par les observations, tendoient

toutes à le convaincre de plus en plus que la diminution constante est inégale, tantôt plus, tantôt moins forte dans le même intervalle de tems.

la masse de Vénus, qui ne peuvent être évalués que d'une manière hypothétique. On ne doit donc en attendre qu'un résultat incertain & vague, du moins dans certaines limites; il paroît seulement que la théorie donne plus que l'observation. Cette différence appartient peut-être à quelque cause inconnue, ou à l'imperfection de nos méthodes. Les bornes de notre nature se retrouvent partout; nous n'avons des lumières que pour aller jusqu'à un certain terme, où ces lumières nous manquent, & où l'obscurité commence. Mais en-deçà de ce terme où subsiste une clarté vive & qui n'a rien de trompeur, nous pouvons dire que la diminution de l'obliquité de l'écliptique est un fait de la nature, & que ce phénomène appartient à l'action lente, mais durable des planetes sur l'orbite de la terre. Une remarque intéressante de M. Euler sur cet important objet, c'est que la variation de l'obliquité de l'écliptique est un phénomène périodique. Cet angle n'est point assujetti à une diminution éternelle; celle que nous observons est l'effet d'une oscillation ou d'un mouvement libratoire. Arrivée à une certaine grandeur, l'obliquité de l'écliptique cessera de diminuer & commencera à augmenter, pour s'élever à la grandeur première dont elle est descendue. Il n'est pas possible de déterminer la quantité & la période de cette oscillation; on peut dire seulement que la quantité doit être de plusieurs degrés, & que la période doit embrasser une multitude de siècles. Nous devons remarquer à l'honneur de Kepler, qui fut le fondateur de l'Astronomie physique & le précurseur de Newton, qu'il avoit pensé que l'obliquité de l'écliptique, après avoir decrû pendant un très-long tems, s'arrêteroit pour remonter jusqu'à une certaine grandeur (a). Ce grand homme devinoit tout;

(a) Kepler Epit. Astr. Cop. Lib. VIII. p. 912.

Mém. Acad. des Scien. 1734, p. 117.

cent cinquante ans après lui, on croyoit encore que ce changement étoit une diminution successive. Il apperçut que ce n'étoit qu'un balancement & un mouvement libratoire. Un coup d'œil supérieur lui avoit révélé la raison & la marche de ces apparences, comme avant l'invention des lunettes, le même coup d'œil lui avoit fait annoncer la rotation du Soleil sur son axe. Tant de vues toujours vastes & souvent vraies, ajoutées à de grandes découvertes qui sont la base de l'Astronomie théorique, en ont fait un homme très-rare.

Après avoir examiné les perturbations mutuelles des planètes dans le grand empire du Soleil, il étoit naturel de porter ses regards sur le domaine particulier de Jupiter, où quatre petits astres suivent cette planète avec la même obéissance, & s'accompagnent dans des orbes assez serrés les uns près des autres, pour qu'une proximité fréquente les expose à des dérangemens répétés & sensibles. Nous avons exposé dans le livre précédent ce que l'observation nous avoit appris des phénomènes propres à ces quatre satellites; un des premiers de ce genre est celui du mouvement des nœuds du quatrième, qui devant être rétrograde, suivant la théorie de Newton, étoit cependant direct sur l'orbite de Jupiter. M. de la Lande expliqua ce phénomène d'une manière aussi simple que vraie. Le nœud se meut sur l'orbite de Jupiter par un effet secondaire. Quand un satellite en dérange un autre, quand les nœuds de ce satellite troublé rétrogradent, suivant la théorie, c'est sur l'orbite du satellite perturbateur. Ce déplacement de l'orbite ne peut avoir lieu sans en opérer un semblable sur l'orbite de Jupiter; les nœuds y changent de place. M. de la Lande a fait voir par la trigonométrie sphérique que le premier déplacement pouvoit être rétrograde, conformément à la théorie, tandis que le second seroit direct, conformément à

l'observation (a). Jacques Cassini avoit déjà fait voir que si, au lieu de rapporter à l'écliptique le mouvement des nœuds des planètes, on le rapportoit à l'équateur solaire, comme à un cercle plus constamment fixe, le mouvement rétrograde sur l'une, pourroit être direct sur l'autre (b). Chacun de ces satellites est pour Jupiter ce que la Lune est pour nous ; placés dans les mêmes circonstances, ils doivent avoir le même sort. Le Soleil doit donc troubler leurs mouvemens, comme il trouble ceux de la Lune, seulement avec une influence moins puissante, parce qu'il est plus distant de Jupiter que de la Terre, & que tout s'affoiblit en s'éloignant de la source du pouvoir.

Nous avons essayé nous-mêmes d'estimer ces perturbations : c'étoit le cas de la solution du problème des trois corps, & nous y avons appliqué celle de M. Clairaut ; il en résulte que ces perturbations sont légères. Une petite équation pour le quatrième, un léger mouvement dans les lignes des apsidés & des nœuds, voilà tout ce que la théorie indique (c). M. Euler en 1748, pensa que la figure aplatie de Jupiter pouvoit changer très-sensiblement les loix de son attraction (d). Le P. Walmesley est le premier qui en 1758 ait introduit cette considération dans le calcul, & nous, sans connoître son travail, mais d'après l'idée de M. Euler, nous l'y avons également introduite en 1762 (e). Le P. Walmesley a trouvé qu'il en résultoit un mouvement très-sensible des nœuds & des apsidés (f). En effet il suit du principe de la gravitation que si les parties de la matière, quelque petites qu'elles soient, s'attirent toutes en raison directe de leur masse, & en raison

(a) Mém. de l'Acad. des Scien. 1762, p. 230.

(b) Ibid. 1734, p. 114.

(c) Bailly, Mém. Acad. des Scien. 1763, p. 121 & 172.

(d) Piece pour le prix de 1748, p. 10.

(e) Bailly, Mem. Acad. des Scien. 1763, p. 180.

(f) Transactions philosophiques 1758, p. 809.

inverse du carré de leurs distances , les sphères seules , dans le nombre infini des corps composés de ces molécules , & diversement figurés , conservent la même raison d'attraction , & attirent en masse , comme chaque molécule attire en particulier. Toute autre figure que la sphère agit suivant une autre loi. Or nous avons dit (a) que si l'attraction ne décroît pas exactement , comme le carré des distances , il en résulte nécessairement un mouvement dans l'apside , les nœuds en éprouvent un semblable. Les sphéroïdes aplatis des planetes different peu de la sphère , la loi de la gravité est peu changée ; mais dans les choses de la nature , une légère différence peut avoir quelquefois de grands effets. Nous parlerons bientôt de ces effets. La grande question étoit d'examiner l'action mutuelle de ces satellites les uns sur les autres ; nous en avons été occupés depuis 1761 jusqu'en 1766 (b). Cette question parut assez importante à l'Académie des Sciences de Paris , pour en faire le sujet du prix de 1766 , prix qui fut remporté par M. de la Grange. Si nos recherches nous avoient fait entrer précédemment dans cette carrière , nous ne prétendons point , dans le compte que nous allons rendre ici , nous placer à côté de ce grand Géometre ; nous disons sans modestie qu'il nous suffit de marcher à sa suite. M. de la Grange s'est proposé de nouveau le problème des trois corps ; il l'a résolu à sa manière , avec son génie , & par une analyse profonde & ingénieuse. Pour nous , nous avons fait usage de la solution que nous avions déjà employée pour déterminer l'action du Soleil ; & le premier honneur de nos résultats appartient à M. Clairaut. Si nous citons ici plus nos résultats que ceux de M. de la Grange,

(a) *Suprà*, Hist. de l'Astr. mod. Tome II, page 501.

(b) Bailly, Mém. Acad. des Scien. 1763, p. 377.

c'est que notre bonheur a voulu que dans l'explication des phénomènes nous nous soyons toujours rencontrés avec ce célèbre Géometre. C'est encore qu'étant Astronomes nous-mêmes, nous avons multiplié davantage les applications astronomiques.

La première difficulté de ce problème étoit sa complication. C'est ici le problème des cinq corps, si on met à part l'action du Soleil sur les satellites. Pour le réduire au problème des trois corps, il faut ne considérer qu'un satellite, qui tournant autour de Jupiter, est troublé dans sa marche par un autre satellite. Alors ce problème n'est assujetti qu'aux mêmes difficultés qui ont été vaincues dans la théorie de la Lune, ou plutôt dans celle de Jupiter & de Saturne par M. Euler. La théorie de M. Clairaut y étoit applicable; c'est ce que nous avons fait. Mais les quatre satellites sont dérangés à la fois, chacun d'eux l'est par les trois autres, il subit trois altérations différentes; lorsque ces altérations ont été considérées séparément, si pour une seconde approximation, on fait entrer dans le problème les vraies quantités avec les changemens qu'elles ont éprouvés, il en peut naître de nouveaux changemens, ou de nouvelles altérations qui soient du même ordre que celles qui ont été obtenues dans la première approximation. Cet inconvénient est un vice de la solution; car lorsque par un premier calcul, on cherche à connoître à peu-près une quantité, il faut être sûr que tout ce qu'on néglige est fort inférieur à ce qu'on doit obtenir. C'est cette difficulté du mouvement de plusieurs corps autour d'un autre, qui a été saisie & résolue par M. de la Grange: il a pris la question sous le point de vue le plus général; il a vu les quatre satellites se dé ranger à la fois, il a tenu compte de toutes ces altérations & de leur complication; enfin il a résolu le problème des cinq corps. Si

cette considération n'a point fait connoître de nouvelles inégalités dans les mouvemens des satellites, il étoit essentiel d'être assuré qu'elle n'y changeoit rien. Le coup d'œil qui embrasse tout ce qui tient à la question, donne le dernier degré de confiance à une solution d'ailleurs élégante & profonde.

Une autre difficulté de cette recherche naissoit du défaut de connoissance des masses des Satellites; ce sont ces masses qui font leurs forces & qui reglent leurs attractions. Il semble donc que la théorie ne peut évaluer ces attractions & examiner leur conformité avec les phénomènes. Mais la Géométrie opere sur les quantités inconnues comme sur celles qui ne le sont pas. M. de la Grange & nous avons pensé que les phénomènes observés serviroient au contraire à déterminer la quantité de ces attractions & de ces masses. Effectivement la théorie a fait voir que le premier & le second satellite n'étoient assujettis chacun qu'à une équation considérable: quoiqu'il y en ait plusieurs, aucune autre ne peut entrer en comparaison. L'équation du premier est due seulement à l'action du second; l'équation du second est due à l'action combinée du premier & du troisieme. On sent qu'un satellite ne peut être sensiblement troublé que par le satellite qui est au-dessus, & par celui qui est au-dessous. L'équation du premier donne directement, & sans craindre d'erreur, la masse du second; M. de la Grange & nous l'avons trouvée de la cinquante millieme partie de la masse de Jupiter. Comme l'équation du second appartient à deux actions & à deux masses, elle ne suffit pas seule pour les déterminer; M. de la Grange a examiné différentes suppositions, & a montré les limites dans lesquelles ces masses devoient être renfermées. Pour nous, nous avons pensé qu'en considérant à la fois l'équation du second & le mouvement de ses nœuds, nous aurions deux quantités données par l'observation,

pour déterminer les deux masses. Avant de développer ceci , il faut rapporter la cause que nous croyons avoir découverte du mouvement des nœuds & de la variation des inclinaisons des satellites. Nous disons que nous croyons avoir fait cette découverte , parce qu'elle a été revendiquée par M. de la Lande. Ce n'est pas à nous à prononcer ; le public jugera sur les titres (a).

La théorie enseigne que dans le cas des perturbations réciproques des satellites , le mouvement rétrograde des nœuds est en général assez considérable , tandis que les inclinaisons mutuelles de ces satellites sont sensiblement invariables. Mais une orbite ne peut rétrograder ainsi sur un autre , en faisant toujours le même angle avec elle , sans que l'angle ou l'inclinaison de la première sur l'orbite de Jupiter ne change , sans que les intersections ou les nœuds sur cette même orbite de Jupiter ne changent aussi. Il seroit difficile de suivre tous ces effets sans figures ; mais il en résulte , par exemple , pour le second satellite , que tandis que ses nœuds sur l'orbite du premier rétrogradent constamment & parcourent le cercle entier dans l'intervalle de trente années , son inclinaison sur l'orbite de Jupiter diminue d'un degré pendant quinze années , & pendant quinze autres années augmente de la même quantité par un mouvement libratoire , semblable à celui qui a lieu pour l'obliquité de l'écliptique ; de même les nœuds du second

(a) Les titres de M. de la Lande à cet égard se trouvent :

Mémoires de l'Acad. des Scienc. 1762 , p. 230.

Astron. Tom. I. p. 519 , première édit.

Ses réclamations sont consignées :

Mémoires de l'Acad. des Scienc. 1763 , p. 605.

Journal des Savans 1766.

Astron. Tom. III. p. 263 , deuxième édit.

Lettre de M. d'Agelet ; Recueil des Astronomes par M. Bernoulli.

L'unique réponse de M. Bailly est dans les Journaux encyclopédiques de 1773.

Ses titres se trouvent :

Mémoires de l'Acad. des Scienc. 1765 , p. 499.

Essai sur la théorie des Satellites , 1766.

satellite sur la même orbite de Jupiter seront rétrogrades pendant quinze ans, & directs pendant les quinze années suivantes, en se balançant autour d'un point fixe, qui est le nœud du premier satellite, & par une oscillation analogue à celle que Thebith avoit jadis imaginée pour les étoiles, & qu'il avoit nommée mouvement de trépidation (a). Mais son mécanisme expliquoit un phénomène imaginaire; au lieu qu'ici il s'agit d'un phénomène véritable, bien constaté par les observations.

Telle est donc la cause de la variation de l'inclinaison des satellites, & du mouvement tantôt direct, tantôt rétrograde de leurs nœuds (b). Pour que ces phénomènes aient lieu relativement au second satellite, dans un espace de trente années, il suffit que ses nœuds, en rétrogradant, parcourent l'orbe entier du premier dans le même intervalle de tems. Il faut donc que ces nœuds parcourent douze degrés dans une année. Nous allons voir ce que la théorie donne à cet égard. La principale source du mouvement des nœuds est la figure aplatie de Jupiter; cet aplatissement qui change la force centrale, donne annuellement à ces nœuds, en supposant que la matière de Jupiter soit homogène, un mouvement de $104^{\circ} 9'$ pour le premier, de $20^{\circ} 34'$ pour le second, de $4^{\circ} 2'$ pour le troisième; enfin de $33'$ pour le quatrième. Ces mouvemens ont lieu sur l'équateur de Jupiter; mais les observations ne permettent point de les admettre en totalité. Elles démontrent que les nœuds du premier satellite sont sensiblement immobiles; elles indiquent que le mouvement des nœuds du second ne peut jamais surpasser douze degrés. D'où résulte évidemment la démonstration de deux choses qui n'avoient été jusqu'ici que soupçonnées. L'une que l'inclinaison de l'équateur

(a) *Suprà* Tome I, p. 227.

(b) Bailly, *Mém. Ac. Sc.* 1765, p. 499.

de Jupiter sur son écliptique, inclinaison que l'on avoit évaluée à trois degrés, mais par des conjectures qui n'étoient rien moins que décisives (a), est réellement à peu-près de cette quantité, ou plus précisément de $3^{\circ} 4'$, & égale à l'inclinaison du premier satellite; en sorte que ce satellite se meut dans le plan de l'équateur de Jupiter, & qu'il n'a point de nœuds qui puissent être déplacés sur cette orbite. La seconde conclusion est que la masse de Jupiter n'est point homogène. Nous avons déjà dit que dans le cas de l'homogénéité, l'applatiffement de cette planete seroit de $\frac{1}{10}^{\circ}$; l'applatiffement observé de $\frac{1}{14}^{\circ}$, prouve que la matière qui compose ce globe n'est point partout également dense. Nous avons tiré de la quantité de l'applatiffement la loi des variations de cette densité; & au moyen de cette loi supposée, le mouvement des nœuds du second sur l'équateur de Jupiter, ou sur l'orbite du premier satellite qui s'y confond, s'est trouvé réduit à $9^{\circ} 26'$, au lieu de $20^{\circ} 34'$ (b). On voit que la nature nous a réservé des moyens pour démêler non seulement ce qui se passe sur les globes infiniment éloignés, mais encore dans leur intérieur. Nous voyons que la matière de Jupiter n'est point homogène par deux phénomènes observés qui ne permettent point de doute; nous en sommes peut-être plus sûrs que de l'hétérogénéité de notre propre globe. En conséquence de cette détermination, il ne reste des 12° du mouvement des nœuds du second satellite que $2^{\circ} 34'$, qui appartiennent à l'action du premier & du troisième. Cette quantité comparée à l'inégalité du même satellite dans son orbite, inégalité qui est due aux mêmes actions, il n'est pas difficile de déterminer les masses qui y donnent lieu. Celle du premier est environ la vingt-cinq millieme partie, & celle du

(a) M. de la Lande, *Astr. art.* 322.

(b) Bailly, *Mém. Acad. Scien.* 1766.

troisième, qui est à peu près double, la treize millièame partie de la masse de jupiter (a).

Les phénomènes semblables dans l'orbite du troisième satellite sont plus difficiles à déterminer par la théorie, parce qu'ils dépendent de la masse du second, aujourd'hui connue à la vérité, mais aussi de la masse du quatrième, qui ne l'est pas, ou qui ne l'est que fort vaguement. L'action de ce satellite éloigné est si foible, qu'elle se mêle & se perd dans l'erreur inévitable des observations. L'inclinaison du troisième satellite varie, comme celle du second; ses nœuds doivent avoir aussi un mouvement libratoire. On voit que la principale cause de ces effets étant la figure aplatie de Jupiter, ils doivent avoir lieu sur son équateur, ou sur l'orbite du premier satellite qui y est confondu. En 1766 la période de ces variations n'avoit point encore été découverte par M. Maraldi. M. de la Grange l'avoit soupçonnée de 195 ans: nous l'avions évaluée de notre côté à 200 ans; l'observation nous a démentis. M. Maraldi a fait voir qu'elle n'étoit que de 132 ans: & si dans ces conjectures, où l'on cherche à anticiper sur les tems & à s'emparer d'avance de ce que l'avenir nous réserve, la foiblesse humaine avoit besoin d'excuse lorsqu'elle se trompe, nous aurions une consolation flatteuse de nous être trompés avec M. de la Grange; mais cette prophétie n'avoit été hasardée qu'avec les réserves nécessaires. C'est un point sur lequel nous reviendrons quelque jour. L'inclinaison du quatrième satellite n'a point paru jusqu'ici varier sensiblement, mais elle variera; car tout dans l'univers est sujet aux mêmes loix, & les mêmes circonstances amènent partout les mêmes phénomènes. Nous voyons seulement que la période doit en être très-longue & de plusieurs

(a) Bailly. Mém. Acad. des Scien. 1766, p. 360.

siècles (a). Mais nous devons dire, pour la confirmation de ce que nous avons dit jusqu'ici, que la même théorie nous a donné, pour le mouvement direct des nœuds du quatrième, une quantité de quatre minutes trente-une seconde par an, qui est précisément égale à celle que M. Vargentin a établie, d'après les observations (b). La variation que l'on découvrira un jour dans l'inclinaison de ce satellite, le mouvement de ses nœuds, qui doit être libratoire, naissent, pour la plus grande partie, comme les phénomènes semblables des autres satellites, de la figure aplatie de Jupiter. Ces effets doivent avoir lieu relativement à son équateur, ou à l'orbite du premier satellite; d'où résulte un phénomène remarquable & unique dans le système du monde. Cette orbite est la base ou le centre de tous les mouvemens; les orbes du second, du troisième & du quatrième se balançant sur elle, comme sur un pivot, alternativement s'abaissent & s'élèvent, tandis que les nœuds de ces satellites oscillent comme trois pendules autour des nœuds du premier, dans des limites qu'ils ne peuvent franchir. Voilà la cause du phénomène singulier que nous avons déjà remarqué; l'observation a fait voir que les nœuds des orbes de chacun des quatre satellites étoient serrés dans un très-petit espace, & presque dans le même point du ciel; ces nœuds ne peuvent pas s'éloigner les uns des autres, puisqu'ils sont assujettis au nœud de l'orbite du premier. Ce phénomène, depuis le tems que nous observons jusqu'aujourd'hui, a dû se montrer toujours à peu-près dans le même degré de l'écliptique de Jupiter. Mais comme le nœud du premier satellite reçoit lui-même de l'action du Soleil un petit mouvement rétrograde

(a) Bailly, Essai sur les satellites de Jupiter, p. 143.

(b) Bailly, Mém. Ac. Sc. 1766, p. 262.
Essai sur les satellites de Jupiter.

sur cette orbite , il s'éloigne insensiblement de sa place , & emportant avec son orbe tous les orbes qui y sont attachés , il parcourra l'écliptique de Jupiter , & transportera dans tous ses points le phénomène singulier de cette libration (a). Si nous nous sommes arrêtés , avec une sorte de complaisance , à décrire ces résultats , nous espérons qu'on ne l'attribuera pas au desir de parler de nous , ni de nos recherches ; nous y avons été portés par la grandeur des objets , par la magnificence du spectacle de ces phénomènes variés & singuliers , & sur-tout par la nécessité de montrer l'accord du principe de la gravitation avec ces phénomènes. Nous suivons la nature , en écrivant une partie de son histoire ; & nos récits doivent être plus détaillés , lorsqu'elle est plus féconde & plus variée.

La nature , malgré cette variété , doit se retrouver la même quand elle se manifeste dans des circonstances semblables. Les orbites des six planetes principales sont dans le grand système solaire ce que les orbes des quatre satellites sont dans le système de Jupiter ; on doit donc s'attendre à y retrouver les mêmes phénomènes. Nous l'avons dit , les nœuds de toutes les planetes rétrogradent. On avoit calculé ces changemens par la théorie de la gravitation : mais on les avoit considérés tous à part ; & ces vues partielles sont toujours fautives , ou du moins suspectes. Les effets simultanés se compliquent & se modifient ; si ces modifications n'ont point d'influence sensible , il faut s'assurer qu'elles n'en ont pas. M. de la Grange , au moyen de l'analyse profonde qu'il avoit employée à la recherche du mouvement des nœuds des satellites , se trouvoit en état de suivre avec avantage celle du mouvement des nœuds des planetes. Il envisagea la question sous le point de vue le

(a) Essai sur les satellites de Jupiter , p. II.

plus général : il fit marcher ensemble toutes les orbites ; & il suivit les effets à travers la complication des causes. M. Euler avoit annoncé que l'orbite de la terre, ou l'écliptique, est assujettie à un balancement, d'où il résulte une alternative de diminution & d'augmentation dans l'angle qu'elle fait avec l'équateur. Le même phénomène doit avoir lieu dans les cinq autres orbites. M. de la Grange a trouvé que l'action mutuelle de Jupiter & de Saturne, en faisant rétrograder leurs nœuds sur leurs propres cercles, donne à leurs nœuds sur l'écliptique un mouvement libratoire autour d'un point moyen, entièrement semblable à celui qui a été découvert dans les nœuds des satellites de Jupiter ; mouvement qui est de 26° degrés pour Jupiter, & de 64° pour Saturne. En même tems l'inclinaison de Jupiter sur l'écliptique est assujettie à une variation de $45'$, & l'inclinaison de Saturne a une variation de $1^{\circ} 46'$; variations qui sont oscillatoires par des alternatives de diminution & d'augmentation, analogues à celles qui ont été remarquées dans les inclinaisons du second & du troisième satellites, & à celle qui a été annoncée par M. Euler dans l'obliquité de l'écliptique. Ces oscillations des nœuds & des inclinaisons sont donc un phénomène général. Celles des orbites de Jupiter & de Saturne, dont nous venons de parler, s'accomplissent dans une période de 51150 ans ; & l'analyse de cette solution est assez rigoureuse pour que cette détermination soit certaine & pour les quantités, & pour la période qui embrasse tant d'années. Ainsi l'homme, qui vit aujourd'hui, qui n'a presque qu'un moment de durée sur la terre, à l'aide de la pensée, prévoit ce qui doit arriver à la nature dans cinquante mille années, lorsque lui, sa postérité, les empires florissans qu'il a vus seront passés & oubliés, & que même peut-être la race humaine n'existera plus. Cette puissance de se transporter

à volonté dans le tems, est un beau privilège dont l'homme a été revêtu par le génie.

Les dérangemens des orbes de Saturne & de Jupiter sont les moins compliqués, parce que ces planetes sont placées, comme à part, aux extrémités du système solaire, parce que d'ailleurs elles sont plus puissantes, & qu'il est plus difficile à de petites planetes de les maîtriser. Mais les quatre autres, Mars, la Terre, Vénus & Mercure sont plus rapprochées, elles sont à forces égales; il en naît une complication plus grande qui demande des calculs longs & pénibles que M. de la Grange n'a point entrepris. Il se contente de donner la méthode & les formules (a); mais cette méthode est limitée, & c'est ici qu'à côté du génie de l'individu se trouvent marquées la foiblesse & l'insuffisance des moyens de l'espece. Si quelques-unes de ces inclinaisons sont destinées à croître & à atteindre une certaine grandeur, la méthode, qui, pour user des ressources actuelles de l'analyse, a été obligée de considérer ces inclinaisons comme très-petites, devient fautive & n'apprend plus rien. Il est donc possible qu'elle ne serve que pour un tems limité. L'homme pourra de pause en pause voir successivement, & d'avance, différentes parties du chemin que fera la nature; mais il ne peut l'embrasser en entier du point où nous sommes: il n'a pas cette connoissance certaine qui le tranquillise, & ce coup d'œil prolongé dans le tems qui le flatte par la conscience de sa grandeur.

Mais si Saturne, Jupiter, toutes les planetes, les satellites mêmes se dérangent & troublent mutuellement leur cours régulier, elliptique autour de l'astre qui leur est donné pour centre de mouvement, les cometes, ces astres fugitifs, qui ne

(a) Mém. de l'Acad. des Scienc. 1774, p. 97.

se montrent à nous que pour s'enfoncer ensuite dans le ciel & se cacher à nos regards, sont-elles exposées aux dérangemens qui ont lieu dans notre système? Elles errent au loin dans des espaces si vastes, qu'il est probable qu'elles ne se rencontrent pas, & que solitaires dans ces déserts du monde, elles y doivent conserver un cours réglé. Newton s'étoit borné à rapporter les loix que le Soleil leur impose; il avoit enseigné à trouver la parabole qu'elles semblent décrire dans la petite partie de leur orbe qui avoisine le Soleil, puis l'ellipse alongée qu'elles décrivent réellement, lorsque les dimensions de cette ellipse sont données par le tems employé à la décrire (a). Halley, en découvrant la durée des périodes de deux comètes, avoit osé annoncer le retour de celle de 1682 pour 1758; mais il remarqua que les retours passés de cette comète n'étoient point arrivés à intervalles égaux. Celui qui s'écoula de 1531 à 1607 fut de 76 ans & 62 jours; l'autre de 1607 à 1682 fut de 75 ans moins 42 jours. Il y avoit entre ces deux périodes une différence de plus de quinze mois: par la première, la comète pouvoit reparoître au mois de Novembre 1758; par la seconde, elle devoit reparoître plutôt, & au commencement d'Août 1757. Il y avoit donc une grande incertitude sur le tems de son retour. Laquelle de ces deux périodes étoit la meilleure & la plus vraie? D'où naissoit leur différence? Voilà des questions importantes: Halley a entrevu les causes qui servent à les résoudre; il ne lui a manqué que les moyens. Il montre que la force de Jupiter sur Saturne suffit pour altérer sa révolution d'un mois; combien cette altération ne peut-elle pas être plus sensible dans une comète, qui s'éloigne quatre fois plus du Soleil que Saturne, & qui étant enchaînée par une force

(a) *Suprà* Tome II, p. 538.

moins grande, permet plus d'influence aux forces étrangères (a). En 1681, peu de tems avant son apparition, la comete se trouva en conjonction avec Jupiter, dont la force sur elle étoit alors un cinquantieme de celle du Soleil. L'ellipse a été déformée; quelques-uns de ses arcs ont reçu une nouvelle courbure, laquelle combinée avec l'ellipse primitive, appartient à une courbe si composée, que, suivant l'aveu de Halley, elle surpassoit de son tems les forces de la Géométrie. Il conclut des degrés de vitesse que la comete a pu perdre, qu'elle ne paroîtra que vers la fin de 1758, ou au commencement de 1759. Si l'annonce de ce retour est une belle découverte de Halley, les limitations qu'il y ajoute par conjecture, lui font beaucoup d'honneur. C'est dans les appréciations que la justesse de l'esprit se déploie; il faut au-dedans plus de ressources, quand on a au dehors moins de moyens. Au défaut des méthodes qui dévoilent la vérité, c'est la force de l'esprit qui peut y suppléer par d'heureuses conjectures.

Mais quelque intéressante que fût la découverte de Halley, quelque probables que fussent les limitations qu'il avoit mises à son annonce, elles étoient si vagues qu'elles ne suffisoient pas à la Géométrie, qui n'est contente d'elle-même que lorsqu'elle démontre. Le moment du retour d'une comete devoit faire une grande époque dans l'histoire de l'Astronomie; il étoit nécessaire que l'esprit humain fût en état de se rendre compte de toutes les circonstances. Ce retour devoit être une preuve sensible pour la raison vulgaire; il devoit justifier Newton d'avoir assigné aux cometes des courbes fermées & des périodes réglées, comme en ont les planetes. Mais la raison éclairée est

(a) Halley, *Tables des plan.* éd. Franc. p. 55 & 17.

(b) Halley, *Tables des plan.* éd. Franc. p. 56.

plus difficile ; il falloit pouvoir lui dire pourquoi ces périodes d'une même comète n'étoient pas toujours égales, & lui montrer les causes d'altération. Il falloit trouver le moyen de calculer ces altérations dans la période qui alloit finir ; & d'annoncer avec plus de précision le retour de l'astre attendu. S'il est difficile d'évaluer les forces de la nature, pour prédire sa marche, ou prochaine, ou éloignée, l'Astronomie & la Géométrie y sont parvenues dans une infinité de cas : il n'y a pas un siècle que les comètes étoient regardées comme des météores allumés un instant, & destinés à s'éteindre ; & lorsque le génie y a reconnu des planetes durables & périodiques, c'est encore une magnifique entreprise, que celle de soumettre au calcul l'arrivée des comètes, presque comme le tems des éclipses ; c'est alors le génie qui complete l'ouvrage du génie. Les hommes ignorans, enclins à douter de tout ce qu'ils ne connoissent pas, ont besoin de ces preuves pour apprendre à respecter les sciences.

Cette entreprise fut tentée par M. Clairaut ; il eut assez de courage pour n'en point être effrayé, & assez de talent pour obtenir un succès mémorable. Jupiter, troublant la comète dans son orbe autour du Soleil, étoit encore le cas du problème des trois corps ; M. Clairaut y appliqua sa solution. Elle a un avantage précieux dans cette recherche ; c'est que l'équation générale, comme nous l'avons dit, est composée de deux parties, dont la première exprime l'ellipse de l'orbite, l'autre les perturbations. Celle-ci peut donc être considérée à part, pour examiner les corrections qui doivent être faites en vertu de ces perturbations à l'orbite primitive & naturelle. Mais on sent que, quoique ce problème fût du même genre que celui de la Lune, traité si heureusement par M. Clairaut, l'orbite de la comète, entièrement différente de celle de la Lune, devoit offrir des difficultés

d'une autre espece, qu'il falloit surmonter par des adresses de calcul, & par les ressources d'un esprit vraiment géométrique. Sans doute la Géométrie avoit reçu de M. Clairaut lui-même, & des Géometres ses contemporains, les forces qui manquoient à cette science au tems de Halley; mais les difficultés étoient encore très-grandes. Premièrement dans les orbes peu excentriques des planetes, les rayons, les distances au Soleil varient peu; ces orbes assez voisins font que la distance des deux planetes qui s'attirent, ne varie pas beaucoup, ou au plus comme deux à un, au lieu que dans l'orbite alongée de la comete, ces rayons, ces distances changent dans le rapport de soixante à un: l'expression générale qu'il faut employer à chaque instant, en est donc d'autant plus compliquée, & moins accessible aux méthodes d'approximation. Secondement les planetes sont presque dans le même plan: ce qui se passe dans l'un de ces plans differe peu de ce qui a lieu dans l'autre; ici l'orbe de la comete est fort incliné, Jupiter la tire obliquement, & les réductions ne s'offrent encore que sous une forme embarrassante. M. Clairaut entra dans ce travail, persuadé qu'il ne falloit considérer qu'une petite partie de l'orbite, c'est-à-dire, celle où la comete avoit été voisine de Jupiter. Mais il vit bientôt qu'on ne devoit pas se borner à calculer l'action perturbatrice dans cette proximité; la même action se rendoit sensible dans tout le cours de la comete, & dérangeoit son mouvement aux extrémités mêmes de l'orbite. L'altération la plus considérable est celle qui naît de l'action de Jupiter sur le Soleil, parce que Jupiter, en le déplaçant d'une petite quantité, donne à l'ellipse de la comete un foyer un peu différent. Le calcul de l'attraction de Jupiter fit connoître que celle de Saturne ne devoit pas être négligée; ainsi le travail fut doublé. Il le fut encore d'une autre manière; M. Clairaut, pour s'assurer

du résultat, & pour prendre une juste confiance qu'il pût inspirer, trouva dans les apparitions de cette même comete des moyens de vérification. On connoissoit la longueur des deux périodes écoulées entre 1531 & 1607, entre 1607 & 1682; l'une de 76 ans plus 62 jours, l'autre de 75 ans moins 42¹. Si la géométrie peut montrer pourquoi la seconde période a été ainsi abrégée, elle méritera d'être crue lorsqu'elle déterminera la période entre 1682 & 1759, & lorsqu'elle annoncera le tems préfixe du retour. C'est ce qu'a fait M. Clairaut avec courage, sans être rebuté par la longueur des calculs ennuyeux & pénibles : il a trouvé qu'entre 1531 & 1607, l'action de Saturne s'est compensée ; les retardations imprimées à la comete ont égalé les accélérations ; Jupiter seul à accourci la période de 19 jours, qui, sans son action, auroit été de 76 ans & 81 jours. En même tems cette action a changé les élémens, de manière à rendre la période suivante plus courte de 31 jours, & par conséquent de 76 ans & 50 jours. Telle auroit été la période, si dans son cours la comete avoit été à l'abri des perturbations de Saturne & de Jupiter. Mais la force de la première planete a ralenti la marche de la comete, & a alongé sa période de 16 jours & demi, tandis que Jupiter, précipitant beaucoup plus cette marche, a rendu la période plus courte de 442 jours. La différence de ces deux effets $425\frac{1}{2}$, est la quantité dont la période a été réellement accourcie. Elle a donc dû être de 75 ans moins 12 jours & demi ; elle a été trouvée par l'observation de 75 ans moins 42 jours, c'est-à-dire, plus courte d'environ 30 jours. Voilà donc l'erreur qu'on peut commettre dans ces recherches ; & encore M. Clairaut, pressé par le tems, n'a-t-il pu donner à ses calculs toute la précision qu'ils pouvoient comporter. Après cette épreuve, le célèbre Géometre pouvoit se livrer avec
confiance

confiance aux calculs qui devoient lui donner la période de 1682 à 1758. Il trouva enfin qu'elle devoit être alongée de 100 jours par l'action de Saturne, & de 518 jours par celle de Jupiter. Au lieu de 75 moins 42 jours, elle devoit donc être de 76 ans & 211 jours; & comme la comete de 1682 avoit passé à son périhélie le 14 Septembre, elle y devoit repasser le 13 Avril 1759. M. Clairaut rendit compte de son travail dans l'assemblée publique de l'Académie, le 14 Novembre 1758; il exposa sa prédiction avec le ton modeste qui lui étoit propre, & en homme fait pour apprécier toute la délicatesse des opérations qui fondonnent cette prédiction. » On » sent, dit-il, avec quels ménagemens je présente une telle » annonce, puisque tant de petites quantités, négligées nécessairement par les méthodes d'approximation, pourroient » bien en altérer le terme d'un mois, comme dans le calcul » des périodes précédentes (a).

L'erreur fut telle que M. Clairaut l'avoit soupçonnée; il y eut un mois de différence entre le retour prédit & le retour réel. La comete, qui se remontra dès la fin de Décembre 1758, fut dans son périhélie le 13 Mars 1759; M. Clairaut revit son calcul & réduisit l'erreur à 22 jours. De quelque manière qu'on envisage cette erreur, soit qu'on la compare à la durée de la révolution, dont elle n'est que la 92^e partie environ, soit qu'on la compare à l'altération même de la période, dont elle seroit un 20^e, quand on considère d'une part, qu'il a fallu suivre la comete à des distances énormes, calculer l'action répétée des planetes sur elle presque à chaque pas, & de l'autre qu'on a cependant tracé sa route & réglé sa marche, assez exactement

(a) Théorie des comètes.

pour fixer, à 22 jours près, le retour d'un astre, encore rangé au nombre des météores il y a un siècle, c'est le comble de la gloire pour l'esprit humain, la preuve des progrès surprenans de l'Astronomie & de la Géométrie, l'épreuve la plus décisive de la théorie de Newton, & en même tems le triomphe de M. Clairaut, qui a tiré de cette théorie ce que ce grand homme n'espéroit pas lui-même en tirer.

Comme M. Clairaut avoit soumis les comètes à sa solution du problème des trois corps, M. d'Alembert, M. Euler, qui l'avoient résolu comme lui, entrèrent après lui dans la même recherche, & montrèrent que leurs solutions permettoient les mêmes applications. Ces trois Géomètres avoient la même clef : toutes les recherches étoient un concours ; c'est à l'histoire de la Géométrie à raconter ces différens efforts, & à comparer les méthodes.

L'Académie impériale de Pétersbourg proposa cette théorie des comètes pour le sujet du prix de l'année 1762 ; M. Clairaut le remporta, ou le partagea avec M. Jean - Albert Euler, fils du célèbre Géomètre, & déjà excellent Géomètre lui-même, puisqu'il partageoit un prix avec M. Clairaut. Celui-ci, ayant revu de nouveau ses calculs & multiplié les plus petites attentions, réduisit encore l'erreur à 19 jours. Il ajouta à sa pièce une recherche intéressante sur la résistance de l'éther ; il fit voir qu'une seule révolution donne toutes les autres par un simple multiple, & que l'altération de la distance moyenne est presque triple de celle qu'éprouveroit une planète dont la révolution seroit de 75 ans dans une orbite circulaire. Il en conclut que l'altération du moyen mouvement de la comète est environ deux cent fois plus grande que l'altération du moyen mouvement de la terre, ou de la durée de l'année ; d'où l'on pourroit conclure que notre année n'étant accourcie

que d'environ trois minutes en 6000 ans (a), la durée de la révolution de la comete ne subit en 30 ans qu'un pareil changement, & qu'en 75 ans elle ne peut varier que d'un demi-quart d'heure. Si le retour observé a précédé le retour calculé, il ne paroît point que cette différence puisse être attribuée à la résistance de l'éther ; elle appartient sans doute à l'erreur inévitable dans une longue suite de calculs. Peut-être aussi pourroit-on croire que les actions de Jupiter & de Saturne ne font pas les seules qui soient sensibles sur la comete ; si Saturne, avec une assez grande masse, mais toujours fort éloigné d'elle, a pu la déranger, Mars & la Terre avec des masses plus petites, mais à une plus grande proximité, ont pu avoir quelque influence. Nous en allons donner une preuve. M. Euler le fils, dans la piece du prix, en établissant la théorie générale, ne s'attacha point aux applications que M. Clairaut avoit presque épuisées ; il insista seulement sur une cause de dérangement, dont personne n'avoit parlé, c'est l'attraction de la terre sur la comete, qui s'en trouva fort près en 1759. M. Euler montre que cette attraction a été suffisante depuis le premier Avril jusqu'au 11 Mai, pour diminuer de $\frac{1}{360}^e$ partie le grand axe de l'orbite de la comete ; ce qui peut la faire revenir quatre mois plutôt dans l'apparition prochaine. Mais le travail de M. Clairaut a fait voir qu'il ne suffisoit pas de calculer les perturbations dans une petite partie de l'orbite : souvent, en suivant cette orbite entière, les altérations se compensent ou se multiplient ; & c'est leur somme qui change les phénomènes. M. Euler a fait dans cet ouvrage une remarque que nous devons rapporter, c'est que si la comete avoit eu une masse égale à celle de la terre, elle auroit produit un changement notable

(a) *Suprà* Tome I, p. 451.

dans le mouvement de notre globe : & comme on ne s'est aperçu d'aucune altération , il s'ensuit que malgré la grande proximité , elle a manqué de force pour agir sensiblement ; ce qui démontre la petitesse de sa masse.

On juge bien que si les perturbations des planetes ont assez d'effet pour altérer si sensiblement la révolution d'une comete, elles doivent produire des altérations semblables dans la position de son orbite. Newton a montré qu'une force perturbatrice faisoit avancer le périhélie & rétrograder les nœuds ; mais ces phénomènes ont lieu pour les planetes dont le mouvement est direct, c'est-à-dire , qui marchent en suivant l'ordre des signes du zodiaque. Quant aux astres rétrogrades , comme la comete de 1759 , les phénomènes doivent être contraires. Le mouvement des nœuds , par exemple , que nous avons toujours trouvé rétrograde dans les planetes , est ici direct ; en effet les observations montrent que de 1682 à 1759 , les nœuds ont avancé de $2^{\circ} 33'$. Mais comme l'équinoxe a rétrogradé dans cet intervalle de $1^{\circ} 4'$, ces nœuds n'ont avancé réellement que de $1^{\circ} 29'$; & le calcul des perturbations de Jupiter & de Saturne , opérées pendant la période de 1682 à 1759 , a donné précisément à M. Clairaut cette quantité de $1^{\circ} 29'$ (a). Quoiqu'il y ait du hasard dans une conformité si exacte , il en résulte l'accord le plus satisfaisant ; c'est une vérification complete du principe de la gravitation. Toutes les planetes directes l'avoient justifié par leurs nœuds rétrogrades ; le seul astre rétrograde , qui ait été complètement observé , le justifie encore par le mouvement direct de ses nœuds. Le système , qui suit & retrouve toujours la nature dans

(a) Théorie des cometes , page 213.

ses phénomènes contraires , doit renfermer le principe & le secret de ses mouvemens.

Ce beau travail de M. Clairaut fut presque le dernier de sa vie ; il fut enlevé aux sciences & à ses amis le 17 Mai 1765. Quoiqu'il ait sans doute assez fait pour sa gloire , on peut croire qu'au milieu de sa carrière il n'avoit pas encore déployé toutes les ressources de son génie.

Le portrait de M. Clairaut seroit celui du véritable Géometre. Un Géometre est un homme , qui entreprend de trouver la vérité , & cette recherche est toujours pénible , dans les sciences comme dans la morale. Profondeur de vue , justesse de jugement , imagination vive , voilà les qualités du Géometre : profondeur de vue , pour appercevoir toutes les conséquences d'un principe , cette immense postérité d'un même pere ; justesse de jugement , pour distinguer entr'elles les traits de famille , & pour remonter de ces conséquences isolées au principe dont elles dépendent. Mais ce qui donne cette profondeur , ce qui exerce ce jugement , c'est l'imagination ; non celle qui se joue à la surface des choses , qui les anime de ses couleurs , qui y répand l'éclat , la vie & le mouvement , mais une imagination qui agit au-dedans des corps , comme celle ci au-dehors. Elle se peint leur constitution intime ; elle la change & la dépouille à volonté ; elle fait , pour ainsi-dire , l'anatomie des choses , & ne leur laisse que les organes des effets qu'elle veut expliquer. L'une accumule pour embellir , l'autre divise pour connoître. L'imagination , qui pénètre ainsi la nature , vaut bien celle qui tente de la parer ; moins brillante que l'enchanteresse qui nous amuse , elle a autant de puissance & plus de fidélité. Quand l'imagination a tout montré , les difficultés & les moyens , le Géometre peut aller en avant : & s'il est parti d'un principe incontestable , qui rende sa solution certaine ,

on lui reconnoît un esprit sage ; ce principe le plus simple , offre-t-il la voie la plus courte , il a l'élégance de son art ; & enfin il en a le génie , s'il atteint une vérité grande , utile & long-tems séparée des vérités connues !

Aucune de ces qualités n'a manqué à M. Clairaut ; les preuves sont de l'histoire de la Géométrie , les succès seuls sont de notre ressort. L'Astronomie lui doit des progrès difficiles ; nous le jugeons ici par ce qui intéresse les hommes , & sur ce qu'il a fait d'utile. La théorie de la lune restée imparfaite dans les mains de Newton , le cours des comètes calculé , leur retour prédit , en rendant compte des causes qui le retardent ou qui le précipitent ; voilà ce qui restoit à faire depuis Newton , depuis Halley ; & voilà ce que M. Clairaut a fait. Cela étoit difficile , puisque deux grands hommes y ont été arrêtés ; cela étoit utile , parce la connoissance des mouvemens de la lune amènera la perfection de la géographie & de la navigation , parce que la prédiction du retour des comètes caractérisera notre siècle & fera sa gloire. Le principal mérite de M. Clairaut fut le talent des applications : malgré son génie , il n'étoit point rebuté des détails ; il pensoit qu'une vérité de pratique étoit préférable à celles qui restent ensevelies dans vingt pages d'analyse ; aussi n'a-t-il fait que des choses utiles. Son nom a été connu , porté partout , & sera répété dans les âges. Si nous avons osé le louer , c'est que l'Astronomie lui doit de la reconnaissance , c'est que nous sommes au moment où la postérité commence pour lui. La vérité peut élever une voix franche & libre , & nous ne sommes que son organe.

M. du Séjour , ami & élève de M. Clairaut , a consacré , comme lui , ses travaux à l'Astronomie. Jusq'ici on n'avoit calculé les éclipses , soit pour les prédire , soit pour en tirer des résultats , que par des méthodes graphiques , ou par des calculs

trigonométriques : chaque éclipse exigeoit une solution particulière ; M. du Séjour imagina de les réduire en formule algébrique , afin que la solution générale pût s'appliquer à tous les cas. Le calcul particulier d'une éclipse ne demande plus que la substitution des élémens qui lui sont relatifs. Cette équation générale appartient à chaque moment , à chaque phase de l'éclipse ; & avec un nombre de phases bien observées , on pourroit avoir un nombre égal d'équations , qui , au défaut de la connoissance des élémens , ou dans le cas de quelque incertitude , serviroient à déterminer ces élémens. Par les méthodes ordinaires , chaque observation isolée conduisoit à une détermination à part ; par la méthode de M. du Séjour , on peut employer à la fois toutes les observations , & les faire concourir ensemble à l'exactitude d'une détermination unique. Le mérite de cette analyse est encore celui des applications ; elle a valu à son auteur la découverte de l'inflexion des rayons solaires dans l'atmosphère de la lune (a). C'est cette analyse qui lui a fourni le moyen d'appercevoir qu'au moment de l'éclipse solaire de l'année 1764 , les Tables donnoient au soleil un diamètre trop grand de cinq secondes (b). Ce diamètre des Tables est déduit des observations , faites sur le soleil même au moyen du micrometre. Le soleil est alors dans tout son éclat ; la lumière a la propriété de s'étendre & d'amplifier les images réelles des objets : le soleil ainsi mesuré , est donc entouré d'une couronne nommée *l'irradiation* , qui aggrandit son diamètre ; les éclipses le donnent tel qu'il est , & dépouillé de cette illusion optique.

(a) *Suprà*. p. 96.

(b) M. le Gentil a déterminé à peu près la même quantité par observation. Ayant mesuré le diamètre du soleil avec un objectif verd & un objectif ordinaire , le verd lui

donna 5" de moins. Cet objectif coloré ne laissant passer qu'une couleur , il n'y avoit plus d'aberration.

Mémoires de l'Acad. des Scien. 1755 ; p. 437.

Une méthode, qui fait appercevoir & qui permet de mesurer ces différences, est précieuse dans la pratique; il est à souhaiter qu'elle soit généralement adoptée (a). M. du Séjour a encore appliqué le calcul analytique au phénomène de l'anneau de Saturne. Il s'agit de déduire des observations les élémens de l'anneau, c'est-à-dire, sa position à l'égard de l'écliptique, l'élévation du Soleil, nécessaire pour éclairer suffisamment l'anneau, & l'élévation de l'œil sur ce plan, pour appercevoir sa surface éclairée. Ensuite avec ces élémens connus, il s'agit de prévoir & d'annoncer les phénomènes futurs. Le calcul trigonométrique suffit à ces recherches; mais il ne permet que des solutions particulières. M. du Séjour en a donné, comme des éclipses, une solution générale & complète (b).

M. du Séjour, en établissant les principes du calcul des éclipses, a discuté plusieurs questions physiques, relatives à ces phénomènes: & dans le nombre des problèmes qu'il a résolus, il en est un qui nous a paru mériter une place dans cette histoire; c'est celui par lequel il détermine la quantité de lumière que reçoit la lune lorsque tout son globe est plongé dans l'ombre de la terre. On sait qu'il est fort rare que dans cette circonstance la lune disparaisse entièrement; elle nous renvoie la lumière qu'elle reçoit du soleil à travers l'atmosphère terrestre. Il faut considérer la quantité des rayons qui lui parviennent, calculer leur affoiblissement & l'intensité de la lumière qui leur reste. M. du Séjour démontre, qu'après leur passage dans l'atmosphère, le logarithme de cette intensité est en raison inverse de l'élévation du barometre, au plus haut

(a) Elle est détaillée dans les mémoires de l'Académie des Sciences, années 1764 & suivantes.

(b) M. du Séjour, Recherches sur les phénomènes relatifs à la disparition de l'anneau de Saturne.

point de l'atmosphère terrestre où a passé le rayon lumineux. Avec ce principe, & en supposant les expériences de M. Bouguer sur les pertes de la lumière dans les masses d'air qu'elle traverse, il trouve que la lune apogée, entièrement éclipsée, reçoit au centre de l'ombre de la terre environ la 500^e partie de la lumière qu'elle reçoit directement du soleil. Cette quantité n'est qu'un 2500^e lorsque la lune est périgée (a).

Un autre genre d'utilité fit entreprendre un nouveau travail à M. du Séjour. Entourés, comme nous le sommes, de maux & de dangers, l'inquiétude souvent les multiplie; les sciences sont bienfaisantes quand elles consolent, quand elles tranquillisent les imaginations alarmées. Halley avoit pensé qu'il n'étoit pas impossible qu'une comète rencontrât notre globe, & que le choc ne nous devînt funeste. M. de Maupertuis avoit l'idée d'un autre danger, celui d'une comète, qui passant très-près de la terre, l'entraîneroit avec elle dans des régions éloignées du soleil, où elle seroit glacée & ses habitans détruits. Ces conjectures, hasardées dans les ouvrages des savans, n'avoient point percé dans le public. M. de la Lande reprit cette question de la rencontre d'une comète; il crut que son attraction à une petite distance pourroit élever des marées considérables, & submerger une partie de la terre. C'étoit l'objet d'un mémoire que M. de la Lande devoit lire à la rentrée publique de l'Académie des Sciences, à Pâque 1773. Mais cet Astronôme est trop habile & trop instruit pour avoir donné à de semblables raisonnemens plus de valeur qu'ils n'en doivent avoir: il ne parloit que de possibilités, encore très-difficiles; on lui fit faire des prédictions. L'ignorance qui

(a) M. du Séjour a encore calculé le rapport de la lumière cendrée dans les différentes elongations de la lune. On fait qu'on appelle

lumière cendrée cette faible clarté qui nous fait appercevoir la partie obscure du disque lunaire dans le premier & le dernier quartier,

entend & répète mal , le goût du merveilleux qui exagere , firent répandre dans les cercles de Paris qu'il avoit annoncé la rencontre d'une comete; on en marquoit même le jour. Quelques esprits foibles furent allarmés. M. de la Lande fit imprimer son Mémoire, où il ne se trouva aucune prédiction, mais seulement quelques conjectures, réservées aux Astronomes qui savent les apprécier. M. du Séjour entreprit l'examen de ce prétendu danger par une analyse rigoureuse; voici ce qui en a résulté. Pour qu'une comete puisse rencontrer la terre, il faut deux conditions : 1^o. que le point où son orbe coupe le plan de l'écliptique, soit à une distance du soleil égale à celle de la terre à cet astre; 2^o. que la comete & la terre se trouvent précisément dans ce point, & à cette distance égale dans le même instant. Parmi toutes les cometes connues, il n'en est aucune qui coupe exactement l'orbite terrestre à cette distance déterminée; c'est déjà beaucoup. Mais il y en a quelques-unes, qui rempliroient cette condition, si l'on altéroit un peu leurs élémens. Il est sûr que ces élémens doivent changer par les loix de la gravitation; cependant M. du Séjour observe avec beaucoup de raison, qu'il y a loin de la possibilité, de la nécessité même d'un dérangement quelconque à la certitude que ce dérangement fera tel qu'il convient à la rencontre ou à une proximité nuisible de la comete & de la terre. Il faudroit qu'il suivît une certaine loi donnée, qu'il arrivât dans un certain tems donné & qu'alors la terre fût à un certain point donné de son orbite. Ces trois circonstances sont nécessaires pour la rencontre d'une comete; la probabilité qu'elles ne se réuniront pas est si forte, qu'on peut assurer hardiment que cette réunion, & par conséquent la rencontre n'aura jamais lieu.

En effet supposons que le changement a eu lieu, & que

l'orbite de la comete coupe celle de la terre à la distance convenable : cela ne suffit pas , la seconde condition doit être remplie ; il faut encore que la comete & la terre se trouvent dans ce point commun de leur orbite. Or les élémens n'ont été altérés , pour remplir la première condition , que par un changement qui n'est point de nature à s'arrêter là ; le même changement répété éloignera pour jamais le danger qu'il avoit amené. Ce danger ne peut donc durer qu'un petit tems , & il faut que la terre qui parcourt un grand orbe dans une année , se trouve dans ce petit tems au point nuisible , & que la comete qui s'éloigne & revient lentement , dont la révolution embrasse un grand nombre d'années , se trouve aussi au même point dans ce même tems limité. Ces élémens s'alterent , la terre & la comete se meuvent par des forces différentes & diversement combinées ; les effets se succèdent & s'accompagnent avec une marche différente. C'est cette différence de marche qui fait que tout se conserve dans un monde où tout tend à se détruire. Il ne peut y avoir mouvement & action sans réaction ; dès qu'il y a des forces opposées , il peut y avoir combat ; mais la diversité des directions fait que ces forces se modifient sans se détruire , & que dans l'immensité de l'espace , où peuvent se croiser tant de routes , les corps passent à côté les uns des autres sans se nuire.

Après avoir montré que la rencontre exacte est comme impossible , M. du Séjour examine ce qui résulteroit d'une grande proximité dans le nombre des cometes connues ; il n'y en a que sept , qui aient approché de l'orbite de la terre plus près qu'un million de lieues ; ce sont celles de 837 , 1618 , 1680 , 1702 , 1743 , 1763 , 1770 , mais aucune n'est arrivée à une proximité nuisible. La comete de 1780 est celle qui peut approcher le plus près de la terre , c'est-à-dire ,

environ à 160000 lieues. La comète de 1770 en a le plus approché réellement ; mais elle étoit encore éloignée de 750000 lieues. M. du Séjour , pour se rassurer sur les prétendus dangers d'une comète, qui élèveroit des marées extraordinaires , ou qui nous entraîneroit avec elle , examine une comète hypothétique placée à 13000 lieues de distance ; & il trouve qu'en forçant toutes les circonstances , une comète semblable ne pourroit jamais rester plus de deux heures & demie à cette distance. Or il fait voir que si l'on suppose, conformément à un théorème de M. d'Alembert , la terre entièrement couverte d'une couche fluide d'une lieue d'épaisseur , l'astre mettroit dix heures cinquante-deux minutes à produire son effet sur les marées. Mais 1°. la comète, dont le mouvement près de nous est toujours rapide , ne seroit qu'un instant perpendiculaire au même point de la terre ; 2°. la terre n'est pas entièrement couverte d'eau , & cette circonstance change tellement l'effet des marées , que les mers méditerranées n'en ont point ; 3°. enfin la comète ne seroit que très-peu de tems , & beaucoup moins de dix heures cinquante-deux minutes à une distance nuisible. Toutes ces raisons réunies élèvent , suivant M. du Séjour , un préjugé légitime contre les désordres des marées, qui pourroient être produits par l'action des comètes (a).

M. du Séjour a examiné ensuite le second danger, & la possibilité qu'une comète entraînât la terre ; il trouve qu'une comète égale en masse à notre globe, & placée à la distance de 13000 lieues,

(a) Essai sur les comètes.

M. du Séjour fait voir l'insuffisance de l'explication du déluge par la queue d'une comète. A l'égard de la comète de 1680, il montre que la plus grande proximité à la terre n'a lieu que dans la branche que cette comète décrit avant d'arriver au périhélie,

dans le tems où elle n'a point de queue , & qu'après le passage au périhélie, après s'être revêtue de cette longue queue si long-tems effrayante, son éloignement de la terre a toujours excédé neuf millions de lieues. Il n'est guères croyable qu'à cette distance la queue d'une comète ait pu inonder la terre.

augmenteroit le grand axe de notre orbe de $\frac{1}{230}^{\circ}$, & alongeroit l'année de deux jours dix heures. Cet effet deviendroit plus grand, à la vérité, si on augmentoit la masse de la comete; mais tous les phénomènes ont indiqué jusqu'ici que les cometes connues n'ont qu'une très-petite masse. Il y a loin de cet alongement hypothétique de l'année à un changement assez grand pour nous faire abandonner le soleil, & nous forcer à suivre un astre étranger. On a cru encore que la lune pouvoit avoir été une comete. M. du Séjour trouve que toutes les cometes, qui ont une vîtesse sensiblement plus grande que celle de la terre, ne peuvent jamais devenir ses satellites. A l'égard d'une comete, qui marcheroit avec une vîtesse peu différente, M. du Séjour n'ose prononcer sur ce qui arriveroit; mais il remarque que, si une comete devenoit notre satelite, ce ne seroit pas pour long-tems. Son orbite primitive est autour du soleil; c'est le centre naturel de ses mouvemens. Tout dans l'univers n'est que vicissitudes & retours; lorsque la suite des révolutions rameneroit les mêmes positions respectives de la terre & de la comete, le soleil reprendroit sur elle l'empire qu'il avoit eu précédemment, & la comete recommenceroit une nouvelle trajectoire autour de lui: d'où M. du Séjour croit pouvoir conclure que la terre ne doit point espérer d'acquérir un nouveau satelite, & qu'elle ne doit point craindre de devenir satelite d'une comete.

Comme le problème de déterminer le tems du retour des cometes, souvent troublées par des perturbations étrangères, est infiniment intéressant, comme on attend en 1790 une comete qui a pu être dérangée dans son cours, l'Académie des Sciences de Paris a cru devoir demander en 1780 une théorie des perturbations que peuvent éprouver les cometes; c'est absolument le même problème dont M. Clairaut a donné

une solution. M. de la Grange a remporté ce prix ; & un homme comme lui ne peut reprendre un sujet déjà traité, sans employer de nouveaux moyens, sans atteindre à une plus grande perfection. M. de la Grange a fait voir que les quadratures des courbes mécaniques cessoient d'être légitimement employées lorsque la comète étoit très-près de la planète perturbatrice ; il a été obligé d'y suppléer par une autre méthode : c'est le seul cas difficile de la solution. Quand la comète est éloignée, les perturbations sont exprimées par des formules analytiques, qui n'exigent plus que des substitutions numériques, toujours simples & faciles. Si l'exactitude constitue la science même, dans les choses difficiles, la simplicité appartient toute entière au génie.

Ces recherches sont pour fixer le tems du retour des comètes déjà connues ; celles qui se montrent une première fois demandent d'autres méthodes pour démêler dans les observations les circonstances de leur mouvement, & les caractères qui le feront toujours reconnoître. Si la comète tournoit autour de la terre, il seroit facile de faire passer une parabole par les points donnés des observations. Mais la terre n'est pas au centre de ce mouvement ; c'est du soleil qu'on le verroit dans toute sa vérité : nous ne voyons ici que des apparences compliquées du mouvement de notre globe. Il a donc fallu employer les approximations & les fausses positions. Newton marcha le premier & montra la route ; MM. Bouguer, Euler, Fontaine, Boscowich, Walmesley, ont donné après lui des solutions de ce problème. M. de la Place a une solution & une méthode qu'il va publier incessamment. M. du Séjour, qui veut bannir de l'Astronomie les fausses positions, a cherché une méthode approchée, mais directe & commode pour le calcul. L'inconvénient d'une méthode directe dans le cas présent a toujours été

de donner des équations d'un degré fort élevé, & par conséquent difficiles & embarrassantes à résoudre : M. du Séjour partage en deux classes les équations qui résolvent le problème ; il considère à part & celles qui naissent de la position du plan de l'orbite, & celles qui dépendent de l'espèce de la trajectoire. Cette séparation rend l'examen plus simple ; il arrive à une solution qui ne dépend que d'une équation du second degré, & les plus grandes difficultés sont écartées. Son moyen est d'employer le rapport des distances de la comète : il s'est aidé des recherches de M. de la Grange, en lui en faisant hommage ; & il a vu qu'en se servant du rapport des distances, au lieu de l'expression même des distances, le rapport étoit toujours linéaire. Mais la méthode de M. de la Grange demande que l'on choisisse des observations peu éloignées ; & il y a du danger à déterminer de grands élémens par de petites différences. M. du Séjour emploie tout, & les observations éloignées, & les observations intermédiaires ; celles-ci lient entr'elles les observations éloignées. On peut donc croire que cette solution sera exacte & utile : elle est susceptible d'une application commode, ce qui est un grand mérite ; & à cet égard, comme à plusieurs autres, le calcul astronomique aura été perfectionné par M. du Séjour.

D'autres Géomètres ont encore mérité de l'Astronomie par leurs recherches ; ils ont éclairé différentes parties de la science. Dans une vue générale, nous ne pouvons détailler ni leurs travaux, ni leurs succès. M. le Marquis de Condorcet a appliqué une profonde connoissance du calcul intégral à une nouvelle solution du problème des trois corps ; mais le mérite en appartient plus à l'histoire de la Géométrie qu'à celle de l'Astronomie. M. l'abbé Boscovich a déterminé la courbe que suit le rayon de lumière dans l'atmosphère ; & après avoir

analysé en Géometre plusieurs phénomènes , comme poète , il a chanté en vers latins les merveilles de l'Astronomie. M. l'abbé Frisi , Géometre d'Italie , a parcouru tous les sujets , a traité presque toutes les questions : le recueil de ses œuvres est un traité lumineux & complet des phénomènes célestes ; son ouvrage sur la gravitation est le seul où le système du monde ait été développé dans toutes ses parties. Enfin M. Cousin s'est proposé un semblable développement dans un ouvrage qui va paroître incessamment , & qui a pour titre *Introduction à l'Astronomie*. Il y donne l'esprit des différentes méthodes géométriques , qui ont été employées aux recherches astronomiques. Ce livre nous a manqué pour le sujet que nous traitons ici : c'est en effet le tableau de l'influence de la Géométrie ; il montrera quels ont été les moyens des découvertes dans le système du monde , & il en facilitera la connoissance à ceux qui voudront l'étudier.

Tels ont été les progrès de la Géométrie & ses bienfaits envers l'Astronomie ; tels sont les efforts des hommes qui ont illustré la science , leur siècle & eux-mêmes. Aujourd'hui ces deux sciences se touchent de si près , qu'elles semblent se confondre. Un Astronôme , pour être habile , a besoin d'être Géometre ; un Géometre , pour s'exercer sur de grands objets , doit avoir les connoissances d'un Astronôme. Une grande supériorité de nos siècles modernes est cette union des sciences , qui , dirigées vers un même objet , voyent mieux où elles vont , & marchent plus vite. Nous ne distinguerons point ce qui est uni par la nature & par le génie. Astronôme dans l'observatoire , Géometre dans le cabinet , c'est toujours le même homme qui observe & qui médite , qui applique au ciel ou ses sens , ou sa pensée. Mais nous cherchons ici ce qu'auroit été l'Astronomie sans le secours des méthodes géométriques ; elle
eût

eût fait tout ce qu'une science peut entreprendre de faire avec un instrument de moins. Nous voyons dans le cours de cette histoire les différens états par où la science a passé, &, pour ainsi-dire, les transformations qu'elle a subies. Aujourd'hui l'Astronomie est géométrique : mais auparavant nous voyons une Astronomie sans Géométrie ; avant celle-ci, une Astronomie sans télescope ; & plus loin dans le tems, une Astronomie sans instrumens. Que peut-on connoître, quand on ne peut rien mesurer ? Les estimations les plus grossières sont l'ouvrage des générations ; les individus, les peuples disparaissent, & l'espece qui dure n'a presque rien acquis. C'est dans ces premiers commencemens qu'on a cru la révolution de la lune de 28 jours, l'année de 365, & les périodes des planetes dans une incertitude proportionnée. Quand les instrumens furent inventés, on put faire plus en moins de tems : on détermina l'obliquité de l'écliptique, la grandeur des degrés de la terre ; on ajouta un quart de jour à l'année ; les heures & les minutes furent employées pour estimer les révolutions. Ces mesures ont été recommencées à chaque fois que les instrumens ont été perfectionnés. Enfin les lunettes ouvrirent un nouveau ciel, & apporterent de nouveaux moyens de mesurer avec une précision inespérée ; mais ces mesures exactes ne suffirent pas encore. Tout est complication dans les apparences célestes. Les phénomènes se présentent en masse ; il n'en est point qui ne tienne à plusieurs causes particulières, dont les effets sont mêlés. Sans doute avec la durée, la nature entière peut se développer, il n'y a qu'à l'observer sans cesse, tenir un registre fidelle de tous ses mouvemens ; ses périodes seront découvertes, & ses loix les plus apparentes seront manifestées.

C'est ainsi que l'Astronomie peut marcher seule & sans aide. Mais elle eût toujours dépendu du tems, elle seroit

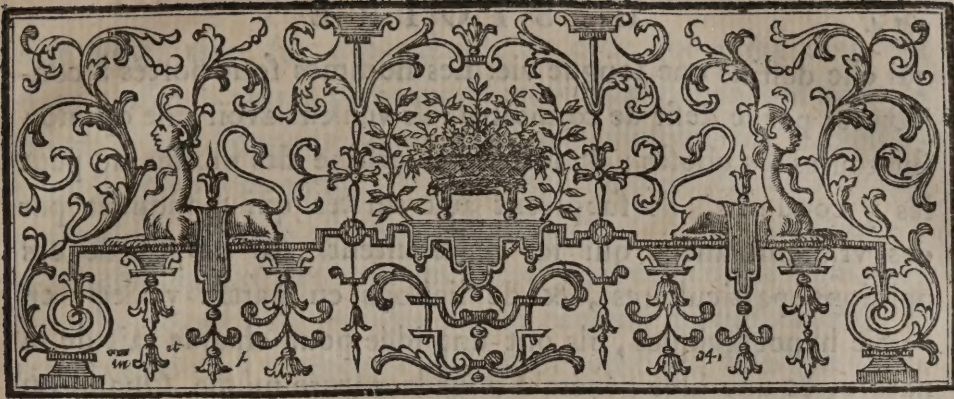
l'œuvre de la patience ; il n'est presque point de découverte qui ne lui eût coûté des siècles. C'est ce qui est arrivé aux anciens ; ils ont assez bien connu les révolutions des astres & leurs principales inégalités. Mais sans compter les siècles du peuple antérieur , les Chaldéens seuls y ont employé plus de deux mille années , & ils n'ont pu aller plus loin. Le détail des choses est un labyrinthe où il est nécessaire d'avoir un fil ; & ce fil est ici la connoissance , ou du moins le soupçon des causes. Mais comment ce soupçon peut-il conduire à une vraie connoissance , si l'on n'a une balance de comparaison , où les effets & les causes puissent être amenés à l'équilibre , & où on voye clairement que les effets démontrent ce que les causes annoncent.

Cette balance , où elles sont appréciées , est la Géométrie. Lorsque le génie de Copernic eût rétabli les planetes dans leur véritable ordre ; lorsque Kepler , occupé à suivre de près leurs mouvemens , les vit s'écarter de la forme circulaire , si chère à l'antiquité , le premier bienfait de la Géométrie fut de lui fournir une courbe qu'il pût substituer au cercle , une ellipse où ces mouvemens fussent renfermés. Ce premier secours étoit déjà important ; si l'ellipse n'avoit pas été connue , on auroit été obligé de déterminer l'inégalité , ses accroissemens , ses diminutions , en les suivant pied à pied par observation. Que de tems pour cette suite d'observations , que d'erreurs viennent s'y mêler ! Il eût fallu recommencer cent fois. Le désespoir que Kepler sentoit de ne pouvoir expliquer les mouvemens de Mars , prouve quelle en étoit alors la difficulté. Ce désespoir eût été celui des Astronomes & des siècles. Lorsque la Géométrie montra que Mars se mouvoit dans une ellipse , elle revela une loi générale. Ce n'est pas seulement la planete de Mars , qui a été soumise au génie de Kepler , ce sont toutes les planetes alors

connues & découvertes depuis. Cette généralité est l'avantage inestimable de la Géométrie ; c'est à elle qu'il faut demander la cause de ces effets semblables. Kepler vit bien qu'il y en avoit une qui renfermoit les planetes dans des ellipses ; il soupçonna même qu'elle résidoit dans le soleil ; mais la Géométrie n'étoit pas alors assez avancée pour cette vaste comparaison de tous les effets avec une cause unique. Les philosophes auroient pu la soupçonner, comme Kepler : le génie auroit proposé des vues supérieures ; mais que sont toutes ces vues, lorsqu'elles ne peuvent être vérifiées ? L'esprit reste dans l'incertitude : il hésite entre le sentiment de sa force & l'expérience de sa foiblesse ; entre cette foiblesse qui l'expose à des erreurs , & cette force qui l'a souvent élevé aux plus hautes connoissances. Lorsque la Géométrie fut devenue plus puissante entre les mains de Descartes & de Newton , ce dernier , comme philosophe , entrevit la loi ; & comme Géometre , la balance à la main , il demanda aux phénomènes l'intensité de cette loi , & son poids sur l'univers. La même balance lui permit de faire les comparaisons particulières ; il n'eut plus qu'à parcourir les sphères , & à peser l'influence modifiée de la loi avec les effets observés. Mais il ne put achever cette entreprise , & parce qu'elle étoit trop vaste pour un homme , quelque grand qu'il fût , & parce que l'instrument même n'étoit pas assez perfectionné. Il l'a été , il le sera peut-être encore ; & c'est ici que les avantages de la Géométrie se multiplient. La connoissance & l'explication des grands faits ne suffisent pas ; c'est dans les détails que l'Astronomie a encore plus besoin d'un guide. Si les planetes décrivent des ellipses , elles en sont continuellement dérangées : la Lune , Saturne , Jupiter , ses satellites en offrent des exemples ; leurs orbes mêmes sont en mouvement. Les cometes ont des périodes , mais inégales. Quels seroient les hommes , quel seroit le tems

qui eussent conduit l'observation à un degré suffisant de certitude sur toutes ces déterminations ? Une loi simple produit un chaos d'effets. Les inégalités, qui naissent de la loi même, forment un dédale où l'esprit humain se fût perdu. Chaque molécule de la matière a son action dans le grand tout, & son rôle sur la scène du monde ; & c'est dans la mêlée de toutes ces puissances qu'on doit juger les efforts & apprécier les produits. Il a fallu un calcul assez fin pour saisir ces molécules, malgré leur petitesse, & pour estimer leur foible énergie ; il a fallu ensuite un art de réunir ces actions en masse, comme a fait la nature pour produire des effets sensibles. Cette faculté accordée à la vue de l'esprit, de voir ce que les seuls organes physiques n'auroient pu démêler, cette profondeur de recherches, qui semble une espece de divination, ne sont pas les uniques avantages de la Géométrie. Avec elle, l'homme fait plutôt, & il est plus sûr de ce qu'il fait ; économie dans le tems, repos dans la possession de la vérité, voilà ce qu'il doit encore à la Géométrie. La nature peut se développer lentement, tout confondre, & tout compliquer, pour se cacher ; l'homme devancera toujours les siècles, & il marquera ses œuvres du sceau de la certitude.





HISTOIRE

DE

L'ASTRONOMIE MODERNE.

DISCOURS IV.

Conjectures & Opinions physiques.

LES conjectures, les opinions doivent avoir une place dans les connoissances des hommes ; elles font la nuance entre les fables & les vérités : elles appartiennent aux unes par le défaut de preuves suffisantes ; elles approchent plus ou moins des autres par leur vraisemblance. Si on retranchoit ces rameaux naissans sur l'arbre de nos connoissances, on priveroit l'avenir des fruits que plusieurs de ces rameaux peuvent produire. Il en est des idées comme des germes que la nature répand avec profusion ; un grand nombre périclit avant de mûrir : mais au moment qu'ils se développent, on ne peut distinguer ceux à

qui elle destine une longue vie. Les hommes sont portés à conjecturer par le desir de connoître : ils veulent avoir une opinion sur toutes les choses ; & lorsque la chaîne des vérités ne peut les y conduire , ils suppléent aux vérités qui manquent par des vraisemblances qui les représentent. Au moyen de ces opinions particulières , & de liaisons en partie vraies , en partie hypothétiques , ils ont une idée pour chaque fait de la nature , & une idée générale pour la nature même. Quand on considère le Soleil , qui , placé au centre de notre système , semble se consumer pour nous éclairer ; les planetes pesantes qui roulent autour de lui , la Lune qui accompagne la Terre , les satellites qui entourent Jupiter & Saturne , l'anneau singulier dont cette dernière planete est environnée , ces étoiles qui brillent dans l'obscurité des nuits ; & ces espaces d'une lumière pâle & blanche , ou semés dans le ciel , ou réunis en zone pour former la voie lactée , un grand nombre de questions se présentent à un esprit curieux.

On desireroit savoir l'origine de ces merveilles , leur usage & leur destinée dans un monde qui doit avoir commencé , qui change sans cesse , & qui doit finir un jour ; on voudroit comparer ces différens objets , & les connoître l'un par l'autre. Nous avons déjà dit ce que les probabilités permettent de répondre sur la grande comparaison de l'astre brûlant & lumineux avec les astres opaques qu'il éclaire ; mais il est d'autres questions intéressantes.

Pourquoi trois de nos planetes ont-elles des satellites ? D'où vient l'anneau de Saturne ? Quelle est la cause qui les a produits , & qui les assujettit à ces planetes ? Pourquoi les six planetes & les dix satellites se meuvent-ils tous dans le même sens , d'occident en orient ? Pourquoi ces mouvemens s'accomplissent-ils dans une bande étroite du ciel ? Pourquoi la rota-

tion de la terre sur elle-même, & celle qui a été observée dans plusieurs autres planetes, s'accomplit-elle encore dans ce même sens, d'occident en orient? Ces mouvemens se conservent-ils dans leur entier, lorsque rien ne dure dans les choses créées? La rotation est-elle constante, & n'est-elle pas sujette à quelque inégalité, comme les autres mouvemens de l'univers? Les altérations que les planetes se causent mutuellement, se rétablissent-elles toujours à chaque révolution, & n'ont-elles pas des effets plus durables? Les espaces célestes où les astres se meuvent, sont-ils entièrement vides de matière, & si l'éther les remplit, ce fluide, quelque rare qu'il soit, ne peut-il pas résister au mouvement? La forme des orbites des planetes est-elle inaltérable? Si les cometes ont des retours périodiques, est-il sûr qu'elles en aient toutes, & qu'il n'y en ait aucune qui s'écarte, à cet égard, de la loi générale? Quelle est la nature de leurs queues, celle de la voie lactée, & de ces espaces d'une lumière terne que l'on voit dans le ciel, & auxquels nous avons donné le nom de nébuleuses? Le soleil, qui régit tout au centre de notre système, est-il réellement immobile? Cette force, cette attraction, qui produit tant de phénomènes dans ce système, & sans doute dans l'univers, est-elle en effet une cause primordiale?

A ces questions hardies, dont quelques-unes resteront insolubles, quels que soient les progrès du tems, dont les autres ont plus ou moins besoin de sa lumière, le sage répondroit peut-être, *je ne sai* : mais l'homme passionné, dévoré du desir de connoître, irrité par les barrières que la nature lui oppose, ne se contentera point de cette réponse; il osera imaginer, deviner; il jugera ce qu'il ne peut voir par ce qu'il a vu, & traçant un plan à son activité inquiète, il saura du moins où & comment il doit chercher. Si les hommes avoient

toujours écouté cette raison circonspecte , ils n'auroient jamais devancé le tems ; la vie des individus & des peuples mêmes eût été trop courte pour une marche si lente. La sagesse tranquille, qui n'a que des desirs modérés, est une vertu dans la morale: mais l'inquiétude est le principe du mouvement des esprits; les passions ont tout fait sur la terre. Le besoin de connoître & celui de la gloire ont précipité les pas des sciences; sans les passions, la société seroit encore telle que dans l'état sauvage, & les sciences à leurs premiers commencemens.

Dans les réponses que l'on a faites aux questions que nous venons de rapporter , il a été souvent plus facile d'exclure des causes que d'en imaginer : c'est le premier degré des connoissances ; & souvent nous y sommes restés. M. de Maupertuis a tenté d'expliquer la formation de l'anneau de Saturne , & celle des satellites. On fait que les comètes , sur-tout lorsqu'elles reviennent de leur périhélie , traînent après elles de longues queues , qui , suivant l'opinion de Newton , sont des torrens immenses de vapeurs que la chaleur du soleil a fait exhaler de leur substance. Si une comète passe très-près de quelque grosse planète , l'attraction de cette planète pourra détourner ce torrent , & le déterminer à circuler autour d'elle ; voilà l'anneau. Le corps même de la comète pourra être entraîné , forcé également de circuler ; & la planète aura un satellite. On sent cependant que la planète peut avoir un anneau sans satellite, si le corps de la comète résiste par sa masse , & ne perd que la colonne de vapeurs exhalée de son sein , comme la comète peut avoir un satellite sans anneau , si la comète qu'elle attire & dont elle s'empare , n'a point assez approché du Soleil pour acquérir cet ornement, qui a si long-tems effrayé les peuples de la terre. Saturne est la seule planète qui ait un anneau ; le nombre de ses satellites peut faire croire qu'il a été acquis
aux

aux dépens de plusieurs comètes (*a*). Cet anneau seroit donc formé des dépouilles de cinq comètes ; dépouilles placées les unes près des autres , & qui contribuent à former sa largeur. L'observation pourroit appuyer cette idée , puisqu'elle a fait voir une duplication dans la largeur de l'anneau. M. du Séjour (*b*) incline même à penser que cet anneau est formé de plusieurs couches concentriques qui se meuvent séparément , & avec des vitesses différentes. Mais cette idée ingénieuse de M. de Maupertuis a été détruite par la Géométrie. M. du Séjour a montré que les planètes n'avoient pas le pouvoir de forcer les comètes à devenir leurs satellites , ou du moins le pouvoir de les garder. Il faut donc croire que les satellites de la Terre , de Jupiter & de Saturne , qui restent à jamais sous la loi de leur planète principale , y ont été assujettis dès l'origine des choses. La raison de cet assujettissement tient sans doute à la première raison de l'existence qui nous sera toujours inconnue. Quant à l'anneau , M. de Mairan pensoit que Saturne avoit été originairement un globe beaucoup plus considérable , & que l'anneau est l'équateur de l'ancienne planète. Mais ce n'est pas tout d'imaginer une destruction opérée , il faut pouvoir lui assigner une cause qui en fasse concevoir la nécessité. M. de Buffon (*c*) croit que lorsque la planète étoit encore liquide , les parties de l'équateur se sont élevées par un excès de la force centrifuge sur la pesanteur , & qu'en se durcissant , elles sont restées ainsi suspendues à quelque distance de la planète. L'anneau de Saturne seroit donc semblable à la protubérance qui élève notre équateur ; seulement cette protubérance , par un effet particulier à Saturne , se seroit éloignée & détachée du

(*a*) Maupertuis , Figure des astres , l'anneau de Saturne , pages III. & XXV.
 p. 124.
 (*b*) Essai des phénomènes relatifs à p. 222.
 (*c*) Histoire naturelle in-12, Tome I.

globe. Quoiqu'on ignore par quel mécanisme cette séparation a pu être effectuée, cependant, comme la force centrifuge est la cause de ces élévations & de l'altération des formes sphériques, on peut soupçonner cette cause dans la formation de l'anneau, sans pouvoir dire comment elle a agi. M. du Séjour observe que le même mécanisme, qui a produit la formation de l'anneau, doit présider à sa conservation. L'opinion, qu'il se soutient à la manière des voûtes, ne peut subsister; M. du Séjour pense que la gravité, toujours agissante, ne manqueroit pas de le détruire. D'ailleurs, si les planetes ont été originairement fluides, l'anneau liquide se seroit réuni par la pesanteur au globe de la planete. Il faut croire que cette force a été contrebalancée par une force centrifuge; il en faut donc conclure que l'anneau a un mouvement de rotation assez rapide. Il faut conclure encore que cet anneau, plan & mince, ayant les différentes parties de sa largeur différemment éloignées du centre de Saturne, ces parties qui pesent plus ou moins, à raison de leur distance, doivent se mouvoir plus ou moins vite, pour opposer toujours à la pesanteur une force centrifuge qui lui soit égale. La largeur de cet anneau doit donc être composée de plusieurs zones contiguës, qui font leurs révolutions autour de Saturne dans des tems différens. (a). Cette conjecture très-probable revient à l'idée de Jacques Cassini, qui pensoit que cet anneau étoit composé d'une infinité de satellites, assez serrés les uns contre les autres, pour ne point laisser d'intervalle sensible entr'eux, & marchant ensemble à pas mesurés & sans se quitter. Cet exemple prouve qu'il peut y avoir quelque chose de vrai dans des conjectures peu vraisemblables. L'idée de satellites, qui marchent ensemble de concert,

(a) Essai sur les phénomènes de la disparition de l'anneau de Saturne, p. 401.

ne pouvoit pas être admise ; mais elle n'a plus rien qui choque, lorsqu'on substitue à chaque rang de satellites une zone continue. On conclut encore de ces considérations que Saturne doit avoir un mouvement de rotation sur lui-même ; parce que si la matière de son anneau a reçu ce mouvement , on ne voit pas pourquoi celle de son globe en seroit privée. Ainsi il a une révolution diurne , comme la Terre , Jupiter , Mars , Vénus , la Lune , & comme son anneau.

La seconde question a pour objet le mouvement de nos planetes , qui se fait dans le même sens , & dans des plans presque circulaires & peu inclinés sur l'écliptique. On peut demander la cause de ces conformités ; ou du moins si ces conformités en ont une. Ce fut le sujet du prix de l'Académie des Sciences de Paris , partagé en 1734 entre deux pieces , dont les auteurs étoient le célèbre Jean Bernoulli & son fils , M. Daniel Bernoulli , alors jeune héritier du nom & du génie de son pere. M. Daniel Bernoulli observe que toutes les planetes sont renfermées dans une zône du ciel , qui contient à peu-près la dix-septieme partie de la surface de la sphere. Or si l'on considere les six planetes lancées au hasard dans les espaces célestes , il y a 1419856 contre 1 à parier que les cinq orbites ne seront point resserrées dans cette zône , & n'auront point la position qu'elles ont à l'égard de la sixieme , ou de l'orbite de la terre. M. Bernoulli en conclut que cette position ne peut être l'effet du hasard ; elle est l'effet d'une cause commune aux planetes , & qui les a toutes forcées de se mouvoir dans le même sens , & dans des orbites peu différentes (a). On a objecté que les probabilités ne devoient pas considérer les événemens passés comme les événemens futurs.

(a) Piece du prix , p. 99.

Ceux-ci sont tous possibles ; ils ont chacun une probabilité que l'on peut assigner en nombre : il y a tant à parier contre un , qu'un événement déterminé n'arrivera pas. Mais lorsqu'il est arrivé, il n'y a pas à s'étonner qu'entre tous les événemens possibles, ce soit celui-là plutôt qu'un autre. Sans doute les loix du sort ne doivent point s'y appliquer; il n'y a plus d'incertitude pour les choses passées. Mais dans le cas des planetes, ce n'est point l'incertitude des phénomènes qu'on calcule, c'est l'incertitude des causes; & celle-là subsiste toute entière par notre ignorance, quoique les effets soient opérés depuis long tems. Seize planetes ont été lancées dans la sphère céleste; les causes ont-elles été dirigées indifféremment vers tous les points de cette sphère? Non, puisque ces planetes se meuvent dans une bande étroite du ciel. Ces causes ont-elles agi en différens sens? Non, puisque tous ces astres ont la même direction. Ces causes sont donc semblables; y en a-t-il seize différentes, & autant que de planetes, ou n'y en a-t-il qu'une? Ont-elles agi séparément, ou à la fois & en un seul tems? Voilà l'incertitude qu'on peut calculer. La ressemblance qui regne entre les planetes, tant pour le sens de leurs mouvemens que pour la proximité des plans de leurs orbites, nous porte naturellement, & par la vue de l'esprit, à juger qu'une seule & même cause a produit ces mouvemens & disposé ces orbites. Ce jugement est si naturel, qu'indépendamment de tout calcul, il peut avoir quelque certitude. Mais rien n'est réellement certain que ce qui est démontré, & la conclusion que nous tirons ici ne l'est pas. Elle est donc accompagnée d'une légère incertitude, que l'on évalue par le calcul des probabilités; & cette incertitude est comme l'unité contre 1419856. Cette conclusion est confirmée par une autre considération. Les cometes sont des planetes comme celles qui se meuvent dans

le zodiaque ; mais si ces astres ont des ressemblances , parce qu'ils dépendent également du soleil , parce qu'ils sont éclairés de sa lumière , parce qu'ils ont des retours périodiques , & qu'ils marchent dans des ellipses plus ou moins alongées , ils ont des différences très-remarquables. Les comètes ne se meuvent point toutes dans le même sens ; il y en a qui vont , comme les planètes , d'occident en orient , suivant l'ordre des signes du zodiaque ; il en est d'autres qui vont dans un sens absolument contraire , c'est-à-dire , d'orient en occident , en remontant contre l'ordre de ces lignes , ce qui les a fait nommer comètes rétrogrades. D'ailleurs ces astres ne sont point enfermés dans une zone particulière , semblable au zodiaque ; ils paroissent errer librement dans le ciel , le parcourir dans tous les sens , tantôt ferrant de près l'écliptique , tantôt s'élevant jusqu'au pôle. Cette disposition paroît donc appartenir davantage à ce que nous appelons hasard. Il y a opposition dans les effets ; il ne peut y avoir identité dans les causes. M. du Séjour a remarqué que sur soixante-trois comètes connues , il y en a trente-cinq directes & vingt-huit rétrogrades , que les inclinaisons de leurs orbites , toutes différentes entre elles , sont telles que , si l'on partage de dix en dix les 90 degrés de l'angle droit , il y aura à peu-près un pareil nombre de comètes dans chacune de ces divisions. Il en résulte que l'inclinaison moyenne entre toutes ces inclinaisons s'éloigne peu de 45° , ou de la moitié de l'angle droit. Or si les comètes ont été lancées au hasard , il n'y a pas de raison pour qu'elles se meuvent plutôt d'occident en orient que d'orient en occident ; il doit y en avoir autant dans un sens que dans un autre. Quant aux inclinaisons , elles doivent embrasser tous les angles possibles depuis 0° jusqu'à 90° : il doit y en avoir autant au-dessus qu'au-dessous de 45° ; & cette moitié de l'angle

droit sera la quantité moyenne de ces inclinaisons. Ces astres portent donc les caractères du hafard qui les a lancés, ou de l'indifférence de choix qui les a dispersés. Il n'y a point de cause générale qui les ait fait mouvoir plutôt dans un sens que dans un autre, ni dans un plan, ou près d'un plan déterminé. Plusieurs différences les distinguent des planetes; tandis que celles-ci sont lourdes & pesantes, les cometes qui voyagent si loin, semblent légères de masse, soit qu'elles ayent beaucoup de volume & peu de matière, ou qu'elles ayent un petit volume proportionné à ce peu de matière (*a*). Les planetes assujetties, comme elles, au soleil, semblent en dépendre davantage; elles en sont plus près, elles se meuvent dans des ellipses qui s'écartent beaucoup moins du cercle & qui n'ont point la forme alongée des orbes des cometes. Les probabilités nous autorisent donc à croire que ces deux especes de corps sont différens par leur destination & par leur formation. Quelles que soient les causes, qui ont dispersé les corps célestes & réglé leurs mouvemens, il y en a une particulière qui a

(a) Cette opinion de la légèreté des cometes, ou de leur faible masse attractive, est l'opinion générale; elle est fondée sur quelques faits. (Voyez *Suprà*, pag. 196.). Cependant M. Winthrop suppose que les limites d'attraction du soleil & d'une comete partagent leur distance réciproque en raison sous-doublée de leurs quantités de matière. Ensuite, en partant de l'opinion de Newton, que les chevelures des cometes sont des vapeurs qui s'élèvent de leur globe, il fait voir que ces vapeurs ne doivent point passer ces limites. Il s'ensuit qu'en mesurant le diamètre de la chevelure, lorsque les distances de la comete au soleil & à la terre forment un angle droit, on a la distance de ces limites au centre de la comete & du soleil; on en peut donc déduire le rapport de leurs masses, & si on a mesuré

le diamètre du noyau de la comete, on a sa densité. C'est ainsi que M. Winthrop a trouvé que la comete de 1665 étoit trois fois & demie plus dense que la terre, & celle de 1682 environ une fois moins; ce qui est conforme à la loi de Newton, que les corps les plus proches du soleil sont les plus denses. La comete de 1665 a en effet approché une fois plus près que celle de 1682, (*Transactions philosophiques*, 1767, page 132). Mais cette loi, réglée sur la proximité, ne peut servir à comparer les cometes qu'avec elles-mêmes. Lorsqu'on voudra comparer leur densité à celle des planetes, il est plus naturel de se régler sur leur éloignement; & alors la loi de Newton nous indiquera que les cometes, qui s'écartent à des distances énormes, doivent avoir très-peu de masse.

décidé le sens du mouvement dans lequel se meuvent les six planètes & leurs dix satellites, qui a resserré ces mouvemens dans une zone étroite du ciel. Quoique nous ne connoissions point cette cause, c'est beaucoup de pouvoir dire qu'il y en a une. M. Daniel Bernouilly présume que cette cause est dans l'atmosphère du soleil. Cette atmosphère est proportionnée à la grandeur du corps qu'elle entoure; elle s'étend au loin, & le soleil tournant sur son axe, la forçant de l'accompagner dans son mouvement de rotation, comme l'air accompagne la terre, frappe au moyen de ce levier, tous les corps qui se rencontrent dans la direction de ce mouvement. Les corps y résistent par leur masse & par leur inertie; c'est pourquoi les planètes ne se meuvent pas avec la même vitesse que l'atmosphère solaire, & ont des révolutions beaucoup plus longues que le tems de la rotation du soleil. Mais toutes ont été obligées de céder à cette action, de suivre le sens du mouvement qu'elle imprime, & de se ranger ou dans le plan, ou très-près du plan de l'équateur solaire. L'action de cette atmosphère doit être proportionnelle à sa densité, & cette densité plus grande près des bords du soleil, décroît en raison inverse du carré de la distance; mais elle augmente aussi en s'éloignant de cet astre, parce que la chaleur diminue. Ces deux causes se modifient, & la plus grande densité peut être placée suivant le besoin, & par hypothèse, ou plus près, ou plus loin du soleil. On voit d'abord que pour expliquer tout, l'atmosphère doit s'étendre jusqu'à Saturne; c'est beaucoup sans doute (a). Ces limites posées, on apperçoit pourquoi les comètes se meuvent à cet égard par des loix particulières; c'est que

(a) M. de Mairan, par certaines mesures, a estimé qu'elle atteignoit au moins l'orbe de la Terre, & pouvoit passer au-delà.

(Aurore boréale, p. 26). Mais l'étendre jusqu'à Saturne, c'est l'étendre huit ou dix fois plus.

s'éloignant fort au-delà de Saturne, l'atmosphère solaire ne les atteint pas, & les laisse libres de suivre les causes primitives & différentes qui les ont mises en mouvement. En même tems, les atmosphères particulières aux planetes imposent des loix semblables aux satellites. En effet les quatre, qui accompagnent Jupiter, se meuvent dans le plan de son équateur. Les quatre premiers satellites de Saturne se meuvent dans le plan de son anneau, & très-vraisemblablement dans celui de sa rotation. Si le cinquieme s'en écarte, si la lune s'écarte aussi du plan de l'équateur terrestre, c'est par des raisons qu'il seroit trop long de détailler ici (a); une vue générale nous suffit. Cette cause est sans doute très-hypothétique; elle peut donner lieu à beaucoup d'objections. Mais quand on considère d'une part l'identité du mouvement des planetes & de la position de leurs orbites, & que de l'autre on voit le soleil tourner sur son axe dans le plan même de ces orbites, dans le même sens que ces planetes, entraîner avec lui une atmosphère qui doit être puissante comme lui, qui est infiniment étendue, qui peut agir au loin, on est fort tenté de penser que ces différens effets se tiennent, & que les uns sont la cause des autres. Kepler avoit senti la nécessité de cette cause, il s'en est servi comme M. Bernouilly; & avant que les phénomènes fussent découverts, il avoit créé l'atmosphère solaire & deviné la rotation du soleil.

Les planetes ont encore une ressemblance singulière; c'est que leur mouvement de rotation se fait dans le même sens que leur mouvement de translation. Sur quatre planetes dont la rotation est connue, Vénus seule offre un phénomène particulier; elle tourne sur elle-même perpendiculairement au

(a) Pièce du prix 1734, pag. 103 & suiv.

plan de son orbite ; mais Jupiter, Mars & la Terre tournent sur eux mêmes , comme ils se meuvent d'occident en orient. Cette nouvelle ressemblance confirme encore l'identité de la cause du mouvement. M. de Fontenelle (a) a cru l'expliquer , en examinant ce qui arrive aux boules qui roulent. Il résulte en effet de ce mouvement une rotation & un mouvement autour de leur centre. Mais ce mouvement est perpendiculaire à la ligne qu'elles décrivent, au plan dans lequel elles se meuvent ; il est semblable à celui de la rotation de Vénus , mais entièrement différent du mouvement des autres planetes. Jean Bernouilly , illustre pere de M. Daniel Bernouilly , a rencontré plus heureusement. Lorsqu'un corps est lancé par une impulsion, tout dépend de la direction du coup , & du point où ce corps a été frappé : si la direction a passé par le centre de gravité , la matière de ce corps , qui se balance & se fait équilibre autour de ce centre , obéissant dans sa totalité à l'action imprimée , en a suivi la direction ; si au contraire le coup n'avoit frappé qu'à la circonférence du globe , une petite partie en auroit reçu seule l'impression , & comme elle tient à la masse , il en auroit résulté uniquement une rotation de cette partie , & de la masse entière autour du centre , sans translation. Mais si la direction du coup a passé au-dedans du corps , & à quelque distance du centre de gravité , les deux effets ont lieu à la fois : une partie de l'effort produit un mouvement de translation de tout le corps , & l'autre un mouvement de rotation ; rotation qui est d'autant plus lente , que la direction a passé plus près du centre où cette rotation auroit été nulle. Jean Bernouilly déduit de ces principes que la Terre a dû être frappée à une distance du centre égale à $\frac{1}{150}^e$ du rayon , Mars à $\frac{1}{418}^e$,

(a) Pluralité des mondes , pag. 43.

& Jupiter à 7^{es} (a). M. d'Alembert, examinant quel coup & quelle direction ont pu produire la rotation singulière de la Lune, trouve que cette planete a dû être frappée précisément comme la Terre à $\frac{1}{150}^{\text{e}}$ de son centre (b). Il est vrai que ces résultats supposent que les deux planetes soient homogènes ; mais il y a lieu de croire que cette ressemblance subsisteroit encore, quand elles ne le feroient pas. Il paroît donc que le mouvement de translation & celui de rotation ont une seule & même cause ; ils dépendent tous deux de la manière dont cette cause a été appliquée. Il paroît encore que la Lune & la Terre, qui sont enchaînées plus particulièrement l'une à l'autre, ont été semblablement frappées. Tout semble donc prouver, dans le mouvement des seize planetes qui entourent le Soleil, dans la disposition de leurs orbes, dans la formation de ce vaste assemblage, & l'identité de cause, & l'identité de tems.

Mais dans ce système, les liens de tous ces grands corps ne peuvent-ils pas se détruire, ou du moins se relâcher ? Ces mouvemens dans l'espace & autour du centre sont-ils inaltérables ? Ces questions sont difficiles ; pour y satisfaire, nous sommes encore bien jeunes sur la terre & dans les sciences. Tout vieillit avec nous : tout doit finir sans doute ; mais les grands ouvrages de la nature ont une vie si longue, que nous vieillissons, nous mourons, sans voir leurs progrès vers la décrépitude. Nous allons dire cependant ce que les générations, qui se sont succédées, ont vu ou pensé de ces altérations. La plus difficile à constater seroit celle du mouvement de rotation. Nous ne pouvons mesurer un mouvement que par un autre. Si nous avions une horloge dont la marche fût par-

(a) *Bernoulli Opera*, Tome IV, p. 283.

(b) *Recherches sur le syst. du monde*, Tome II, p. 255.

faitement régulière, elle nous feroit connoître l'égalité ou l'inégalité des révolutions diurnes de la terre; mais il n'est point d'horloge, si bonne qu'elle soit, à qui l'on puisse accorder cette confiance. Nous ne pouvons au contraire nous assurer de sa marche, qu'en la comparant à la durée des jours, à la rotation du globe, supposée uniforme. La longueur de l'année, toutes les révolutions célestes sont mesurées par des jours; il semble que si ces durées & ces jours sont variables, le rapport & le nombre de ces jours ne fera plus le même. Mais si tous ces mouvemens sont susceptibles de s'altérer, on ne pourra savoir lequel s'altère en effet, ou lequel s'altère le plus. Si, par exemple, la durée de l'année, qui comprend aujourd'hui un certain nombre de jours, d'heures, de minutes, &c. a embrassé jadis quelques jours, ou plutôt quelques portions de jour de plus, on pourroit en conclure que nos jours sont plus longs, que la révolution de la terre est plus lente; mais il faudroit que l'année elle-même n'eût pu souffrir aucune diminution. C'est ce que nous sommes bien loin de pouvoir assurer; l'analogie même rend cette diminution de l'année plus probable que celle des jours.

S'il y avoit une inégalité dans le mouvement diurne de la terre, elle seroit ou périodique, ou successive & constante. La première, l'inégalité périodique, seroit sans doute très-petite, & d'autant plus difficile à reconnoître. Dominique Cassini a cru remarquer quelque inégalité dans la rotation de Jupiter: cette inégalité lui paroissoit dépendre de la distance de la planète au Soleil; elle devoit par conséquent être périodique, comme la révolution (a). Ce phénomène, s'il existe, seroit intéressant à constater, parce que l'ana-

(a) Mém. de l'Acad. des Scien. Tome X, p. 421.

logie nous autoriseroit à supposer une variation semblable dans le mouvement diurne de la terre. Le P. Walmesley a vu que l'élévation des marées, qui change deux fois par jour la forme de la terre, modifiant l'action du soleil sur elle, pourroit altérer la révolution diurne; mais l'effet n'est que la vingt-quatrième partie d'une seconde de tems; il est périodique & s'accomplit dans l'intervalle d'un solstice à l'autre (a). Il est semblable à celui que Dominique Cassini a soupçonné dans Jupiter; & par sa petitesse il est inobservable. Il n'y a donc que les observations de Jupiter qui puissent quelque jour nous éclairer à cet égard; & encore l'inégalité de sa rotation ne pourroit être transportée & supposée dans notre globe que par conjecture ou par analogie. L'altération successive & constante de la rotation de la terre seroit aussi difficile à connoître, parce que, nous l'avons dit, nous ne pouvons que comparer entre eux les mouvemens célestes; il en faudroit un invariable pour servir de mesure commune. Nous avons choisi la durée du jour; mais si nous sommes en doute sur cette durée même, nous ne saurons où prendre les moyens de déterminer son inégalité. Il faut distinguer dans les soupçons qu'on peut avoir de l'inégalité du mouvement diurne de la terre, ceux qui seront fondés sur une cause connue & évidente d'altération, de ceux qui naîtroient d'une simple possibilité, & de l'opinion que tout varie & tout change dans la nature. M. Euler pensoit il y a quelque tems que la force de Jupiter diminue considérablement le mouvement annuel de la Terre, & que cette diminution seroit très-sensible, si le mouvement diurne ne s'étoit pas accéléré en proportion (b). Mais les recherches qui ont été faites depuis, ont pu le faire changer d'opinion à cet égard. On dit bien que le vent conf-

(a) *Trans. philos.* 1758, p. 809.

(b) *Ibid.* 1749, n°. 494.

tant qui souffle sur la terre de l'est à l'ouest entre les tropiques, le mouvement par lequel la mer semble s'avancer avec lenteur dans le même sens, doivent être les effets de quelque cause puissante, dont l'action opposée à la rotation de la terre, peut influencer également sur cette rotation, & la retarder peu à peu. Mais si l'on soupçonne que la chaleur, en raréfiant l'air sous la route diurne du soleil, produit le vent d'est qui se leve avec cet astre (a), il s'en faut bien que l'on connoisse la cause du mouvement qui semble porter la mer du même côté. D'ailleurs cet air en mouvement avec une vitesse de vingt ou trente pieds par seconde, mais avec si peu de masse, cette mer, qui, en tant de siècles a si peu changé, quelle action auroient-ils pour mouvoir un globe de trois mille lieues de diamètre ?

Si les jours devenoient plus longs, si la terre tournoit avec moins de vitesse, toutes les révolutions comptées par des jours, paroîtroient s'accélérer ; & si les quantités de cette accélération, mesurées en degrés dans chaque orbe, étoient différentes pour chaque planète, mesurées en tems, elles seroient égales pour toutes les planètes dans une même durée de tems (b). Cette égalité n'a pas lieu ; ainsi aucun phénomène ne nous porte à croire que la rotation de la terre ait souffert quelque altération. Nous ne connoissons encore aucune cause qui ait pu la produire ; il faudroit soupçonner ici sans motif, sans nécessité, & l'effet inobservé, & la cause inconnue. Nous

(a) Halley & M. le Gentil ne conviennent pas de cette direction ; ils pensent que ce vent souffle du sud-est dans la partie méridionale de la zone torride, & du nord-est dans la partie boréale. *Voyage de M. le Gentil*, Tome I, p. 637.

(b) M. de Fouchy pense que la rotation du soleil, les révolutions des satellites pourroient fournir un moyen de déterminer l'al-

tération du mouvement diurne de la terre. Les durées de ces révolutions seroient sans doute différentes en différens tems, si la durée du jour n'étoit pas toujours la même. Mais quand elle seroit variable, ce ne seroit que d'une petite quantité ; & il est bien difficile que les observations, dont il est ici question, soient jamais assez précises pour faire appercevoir cette petite quantité.

devons croire à la régularité & à la constance du mouvement diurne , jusqu'à ce que le tems nous ait dévoilé des phénomènes contraires, ou des raisons de présumer ces phénomènes. Si l'expérience nous enseigne que tout change & tout varie dans la nature , c'est plus ou moins sensiblement, & la même expérience nous autorise à croire que s'il y a une altération dans la durée du jour , elle est si petite qu'elle est insensible ; & relativement à nos sens bornés , aux observations qui nous sont permises, il existe jusqu'ici pour nous une véritable constance dans ce phénomène ; c'est tout ce qu'il nous importe de savoir. L'Académie Impériale de Pétersbourg a proposé cette question de l'altération du mouvement diurne de la terre pour le sujet du prix de cette année 1781, & la question sera bientôt éclaircie, si elle peut l'être.

On peut donc supposer dans les mouvemens des globes qui tournent sur eux-mêmes, une certaine constance que les observations n'ont point encore démentie ; mais il n'en est pas de même de ceux par lesquels ces globes parcourent leurs orbites & marchent à travers les espaces célestes. Ces mouvemens , jusqu'ici & dans le peu de siècles qui ont été donnés à l'astronomie, ont paru susceptibles de quelque altération , du moins l'observation en a reconnu une sensible dans les mouvemens de Saturne, de Jupiter, de la Lune, & peut-être même de la Terre. Nous ne parlons point des inégalités qui sont périodiques, & qui finissent & se renouvellent à chaque révolution ; nous parlons de celles qui ont paru croître constamment , & qui s'accumulant avec les siècles, ont forcé les Astronomes d'établir des équations, que, par cette raison, ils ont nommées séculaires. Quelle en est la cause ? Voilà la question qu'on peut faire , & que nous devons discuter ; nous commencerons par Jupiter & Saturne. M. Halley avoit donné à la première

de ces planetes une équation de $3^{\circ} 49'$, & à la seconde une équation de $9^{\circ} 15'$ pour deux mille ans. M. de la Lande, par de nouvelles recherches, a réduit ces équations à $3^{\circ} 23'$, & à $5^{\circ} 13'$ (a). Il en résulte que dans cet intervalle de vingt siècles, Jupiter, qui a accéléré son mouvement est plus avancé qu'il ne devoit l'être de $3^{\circ} 23'$, & que Saturne, qui a ralenti sa marche, se trouve en arrière de $5^{\circ} 13'$ (b). Le premier objet de recherche est de savoir si cette altération des moyens mouvemens & des révolutions naît de l'action réciproque de ces planetes l'une sur l'autre. M. Euler s'en est occupé dans la piece qui a remporté le prix de l'Académie en 1752 ; il trouve en effet que le mouvement de Jupiter s'accélère, & que celui de Saturne se ralentit. Mais il y a cette différence entre la théorie & l'observation, que, suivant la théorie, l'une se ralentit précisément de la même quantité que l'autre s'accélère, au lieu que, suivant les phénomènes, Saturne paroît se ralentir plus que Jupiter ne s'accélère. Ces mêmes phénomènes ne fournissent pas, pour le ralentissement de Saturne, une quantité si grande que le donne la théorie de M. Euler ; mais cette théorie confirmant la conjecture de Jacques Cassini montrait que ces altérations, quoique constantes dans une longue durée, ne devoient cependant pas l'être toujours. Le ralentissement & l'accélération devoient se succéder, & tout se rétablir après trois cent vingt-quatre mille ans. M. Euler avouoit à la vérité que quelques legers changemens, qu'il s'étoit permis pour éviter des difficultés insurmontables d'analyse, pouvoient faire que ces variations

(a) Astr. Tome I, p. 582 ; & les Tables, p. 137 & 152.
(b) M. Wargentin n'a même trouvé que 1°

17' d'accélération en 1600 ans pour Jupiter, & nous 55' (Mém. Acad. des Scien. 1768, p. 515 & 516.

ne s'arrêteroient pas & croîtroient à l'infini ; & il disoit avec la candeur de la supériorité, qu'il ne connoissoit point alors de méthode qui pût conduire à les déterminer (a).

Le tems & les progrès de la Géométrie ont fourni les moyens qui manquoient alors à la science : M. de la Grange a établi une belle théorie sur cette question (b) ; & il a d'abord trouvé, comme M. Euler, des altérations presque égales, en sens contraire pour Jupiter & pour Saturne, & plus conformes à celles que Halley avoit déduites des observations. L'accélération de Jupiter étoit encore trop grande, en la comparant à celle que M. Wargentin & nous avons établie depuis Halley (c). Au reste, M. de la Grange a averti que les formules cessioient d'être exactes après un certain nombre des révolutions de la planete ; cette incertitude des solutions naît de l'inconvénient des méthodes d'approximation. En travaillant sur de petites quantités évaluées par des termes décroissans, les ressources bornées de l'analyse, l'embarras des calculs exigent que pour simplifier, on se contente de prendre les premiers & les plus considérables de ces termes. Quand une quantité très-petite est multipliée une fois, ou plusieurs fois par elle-même, ce qu'on appelle ses puissances, elle diminue considérablement de valeur à chaque multiplication. Les deux Géometres, M. Euler & M. de la Grange, dans leurs calculs d'approximation, s'étoient arrêtés aux secondes puissances & n'avoient point passé au-delà. M. de la Place, en traitant de nouveau cette question importante, a poussé l'approximation plus loin & jusqu'aux troisiemes puissances. Ces quantités du troisieme ordre ont détruit ce qu'avoient donné celles du second, &

(a) Piece du prix 1752, p. 76 & 77.

(b) Mém. Acad. de Turin, T. III, p. 318.

(c) Mém. de l'Acad. des Sciences 1768 ;

p. 516.

& l'altération des moyens mouvemens s'est anéantie. On n'en pourroit trouver une qu'en allant jusqu'aux quatriemes puissances ; mais les quantités de cet ordre sont si petites qu'il y a lieu de croire , sans prendre la peine d'un calcul long & pénible , que l'altération qui en résulteroit , seroit absolument insensible (a). Il faut avouer cependant que ces quantités négligées pourroient laisser quelque incertitude ; mais nous apprenons que M. de la Grange vient de démontrer dans les Mémoires de l'Académie de Berlin , que l'attraction réciproque des planètes & la non sphéricité de leurs globes ne peuvent produire aucune altération ni dans les moyens mouvemens , ni dans leurs révolutions. Sa méthode est aussi ingénieuse qu'elle est simple & rigoureuse. Les forces perturbatrices étant supposées très-petites , comme elles le sont dans notre systême , à l'égard de la force solaire , M. de la Grange fait voir que la nature de la courbe décrite ne change point ; l'orbite altérée est encore une ellipse , dont seulement la position & les dimensions sont variables à chaque instant. Le changement du grand axe peut seul influencer sur la révolution ; & M. de la Grange démontre que ce changement du grand axe peut toujours être exprimé par des sinus ou des cosinus d'angles , excepté dans des cas qui n'ont point lieu dans notre systême. Toutes les variations du grand axe , & celles de la révolution qui en dépendent , sont donc périodiques (b). Cette démonstration est un trait de lumière dans la théorie générale des corps célestes ; elle apprend que ces corps peuvent se déranger , mais passagerement. Ces forces se balancent , l'équilibre se rétablit avec le tems ; & tout à cet égard est ordonné pour la conservation.

(a) Mémoires présentés à l'Acad. 1773 ,
p. 221.

Mém. Acad. des Sc. 1772, 2^e Par. p. 352.
(b) Mém. Acad. Berlin pour 1776.

Si le tems de la révolution des planetes paroît susceptible de changer constamment, ce n'est point à la gravitation des corps célestes qu'il faut en demander la cause. Mais avant de la chercher, nous devons dire que le mouvement de la lune & celui de la terre, ou le mouvement apparent du soleil, semblent s'être accélérés depuis que l'Astronomie est cultivée. M. Richard Dunthorne, feu M. Mayer de Göttingue, & M. de la Lande ont déduit tous trois des observations ce phénomène (a). Il n'y a pas moyen de représenter à la fois, & par un mouvement uniforme, les observations de la lune, faites quelques siècles avant notre ère par les Chaldéens & par Hypparque; celles qui ont été faites depuis chez les Arabes, dans le dixième siècle; & celles que nous faisons aujourd'hui. On voit, en suivant les observations, placées à ces distances dans ce long intervalle de tems, la preuve d'une altération. M. Mayer établit l'équation séculaire qui en résulte, d'un degré environ en deux mille ans; voilà pour la lune. Quant au soleil, l'accélération de son mouvement n'est pas si bien constatée; M. Euler l'a soupçonnée le premier, & l'a supposée de $1^{\circ} 7'$ en deux mille ans (b). Nous avons voulu ajouter à cette opinion quelques probabilités vraisemblables, que les observations ne peuvent démontrer. Presque toutes les années des anciens peuples, dont quelques-unes paroissent déterminées avec précision, sont toutes plus longues que notre année actuelle (c); celle que l'on déduit de la période antique de 600 ans est de $365^{\text{h}} 51' 36''$, plus longue que la nôtre de $2' 51''$. Il est difficile de

(a) Transactions philosophiques, 1749, n^o 491.
Mém. de Göttingue, 1752, p. 333.
M. de la Lande, Mém. Acad. Sc. 1767, p. 416.

Bailly, Mém. Acad. Sc. 1763, p. 19.
(b) Voy. ses Opuscules publiés en 1746, & les Transf. philos. 1749, n^o 493.
(c) Astron. anc. p. 66, 110; Astr. mod. Tome I, p. 449.

douter de son exactitude comme de sa haute antiquité ; nous avons cru pouvoir avancer que cette antiquité surpassoit quatre mille ans (a). M. le Gentil nous a appris que les Indiens, dans leurs calculs , appliquent au mouvement du soleil une correction constante de $2^{\circ} 7'$, qui nous a paru être une véritable équation séculaire ; d'autres probabilités nous ont portés à croire qu'elle avoit été établie pour une durée de trois mille six cent ans. Il en résulte une équation séculaire de $38' 47''$ pour deux mille ans. Quoique ces résultats ne soient point démontrés , à beaucoup près , nous avons pour nous l'analogie tirée de trois planetes , & les conjectures de M. Euler , qui s'accordent avec les nôtres.

Puisque ces altérations ne dépendent point de la gravitation des corps célestes , la cause la plus naturelle qui se présente pour les expliquer , est la résistance du milieu où ces corps se meuvent. La gravité est une force sans cesse renaissante , qui ne s'affoiblit point ; mais l'impulsion primitive qui a lancé ces corps , ayant été une fois donnée , & jamais renouvelée , doit perdre sans cesse , si elle éprouve quelque résistance. Cette force ne peut s'altérer , sans que le tems des révolutions n'éprouve quelque changement ; & ce changement doit être une diminution. La force d'impulsion étant diminuée , celle de l'attraction prend plus d'empire ; le corps s'approche tant soit peu du centre , l'orbite devient plus petite , & est décrite en moins de tems. Le corps paroît donc se mouvoir plus vite ; & voilà comment s'explique ce paradoxe singulier , qu'une diminution dans la force produit une accélération dans le mouvement. Newton , lorsqu'il établit sa sublime théorie , vit que depuis un grand nombre de siècles , les révolutions des planetes

(d) Mémoires de l'Acad. des Scien. 1773 , p. 171.

étoient inaltérables ; il en conclut qu'elles n'éprouvoient aucune résistance, & qu'elles se mouvoient dans des espaces privés de matière & dans un vide absolu. Car tout ce qui existe est capable de résistance, & le fluide le plus subtil, nécessairement matériel, mais supposé sans résistance, seroit un être de raison. Cependant il est impossible que les espaces célestes soient réellement privés de toute matière ; le néant absolu n'est pas plus aisé à concevoir que l'infini. D'ailleurs nous les voyons remplis par la lumière ; elle part du soleil pour arriver aux planetes, elle revient des planetes à nous. Si la lumière est une véritable émission de la substance du soleil, si elle est réellement envoyée, propagée, réfléchie, tous ces voyages ne se font pas sans occuper, sans remplir les espaces qu'elle traverse. Quelque petites que soient ces molécules, elles ont une petite masse ; il faut que les corps en mouvement les déplacent, & ce déplacement ne se fait point sans quelque résistance. Et si, suivant la pensée de Descartes, la lumière étoit un fluide toujours répandu, toujours existant partout, & seulement mis en action par la présence des corps lumineux, ce fluide seroit obstacle au passage des corps. Le passage n'est pas plus libre dans l'état de stagnation que dans celui de circulation. Ainsi, quel que soit le fluide qui compose cet océan immense, que les anciens ont nommé éther, qu'il soit une matière particulière & analogue à un air infiniment subtil, ou la matière même de la lumière, ce fluide doit s'opposer au mouvement des planetes, & abrégé tant soit peu, mais sans cesse, leurs révolutions. Lorsque Newton a conçu l'idée d'un vide absolu, ou du moins d'un milieu non résistant, il a été forcé par les observations, qui donnoient aux astres des révolutions constantes & inaltérables. Lorsqu'aujourd'hui nous nous élevons contre cette idée d'un vide absolu, qui répugne à la nature, lorsque nous

rendons à l'éther une résistance, qui est conforme aux loix de la saine physique, nous sommes forcés, comme lui, par les observations. Celles qui ont été faites depuis lui, les anciennes mieux approfondies, nous conduisent à un résultat contraire.

Il étoit naturel de consulter la théorie à cet égard ; l'Académie des Sciences de Paris demanda en 1762 si les planetes se meuvent dans un milieu, dont la résistance produise un effet sensible sur leurs mouvemens. M. l'abbé Bossut remporta ce prix. Il trouve que l'action de la résistance se borne à diminuer l'axe de l'orbite ; & que s'il y a quelque changement dans l'excentricité ou dans la distance des foyers, ce changement ne peut être que très-petit. M. l'abbé Bossut a résolu le problème dans deux suppositions différentes ; l'une que la densité de l'éther décroît en raison inverse de la distance, & l'autre, qu'elle décroît en raison du carré de la même distance. Il considère ensuite l'effet de la résistance sur le mouvement d'un satellite tel que la lune ; il trouve pour deux mille ans une équation séculaire de $44' 40''$, c'est-à-dire, un peu plus petite que celle qui a été déduite des observations par M. Mayer. La théorie montre que toutes les accélérations, nées, dans le mouvement des planetes, de la résistance de l'éther, sont liées par une relation nécessaire ; de manière qu'il suffit d'en connoître une pour connoître toutes les autres. M. l'abbé Bossut n'a trouvé en conséquence que $25''$ pour le mouvement du Soleil ou de la Terre en deux mille ans ; & des équations séculaires encore plus petites, & absolument négligeables, pour Jupiter & pour Saturne. Si l'accélération de la Lune, déduite de cette théorie, ne s'éloigne pas beaucoup de celle qui a été fournie par les observations, il n'en est pas de même de l'accélération du mouvement de la Terre, qui n'est par cette

théorie que de $25''$, tandis que les observations semblent la donner de 38 ou $39'$. Ces deux accélérations n'ayant point entr'elles la relation que la nature exige, il s'ensuit que l'une des deux & celle du soleil sans doute, puisqu'elle est la moins avérée par les observations, peut être regardée comme douteuse, jusqu'à ce que nous ayons acquis une plus grande confirmation; ou que, si ces deux accélérations sont aussi vraies l'une que l'autre, il existe une autre cause qui a, ou augmenté celle du Soleil, ou diminué celle de la Lune. C'est cette cause qu'il faut chercher.

Peut-être tient-elle à la cause de tous les mouvemens, à la gravité dont la manière d'agir est inconnue. Sans doute on ne conçoit pas comment la force émanée du Soleil peut se transmettre à des distances énormes, y saisir de grandes masses, sans aucun levier qui lui donne cette étendue, sans aucun véhicule pour transporter son action. Cette force, qui agit avec tant d'efficacité sur les objets matériels, semble s'élancer, comme la pensée, dans l'étendue où cette force peut agir. La distance ne lui fait rien; partie du Soleil, elle arrive à la Terre ou à Saturne, sans qu'il paroisse lui en coûter ni plus d'effort, ni plus de tems. Cette difficulté est la plus grande de la théorie de Newton; car dans le monde que nous connoissons le mieux, sur la terre où nous vivons, où nous observons, tout est succession ou transmission. Lorsqu'un effet se propage, nous voyons des agens intermédiaires & continus qui le communiquent; cette communication s'opere dans un tems plus ou moins long. M. de la Place a proposé deux questions neuves & intéressantes. La première est de savoir si l'action de la gravité est instantanée, malgré la distance. M. de la Place, pour y répondre, remarque que tout ce qui se transmet à travers l'espace, nous paroît répondre successivement à ses différens points. Dans notre

manière de concevoir un effet, l'idée du tems est inséparablement liée à celle de l'espace; la notion de la vitesse naît de leurs rapports. Une vitesse plus grande suppose un tems plus court; & si, par la puissance de l'imagination, nous essayons de nous représenter une vitesse infinie, il nous reste toujours l'idée d'un tems infiniment petit : le tems ne peut être anéanti dans notre pensée. Peut-être cette conception n'est-elle en effet que l'habitude de nos observations : s'il existe dans la nature une action instantanée, elle est nulle pour nous, puisqu'elle ne peut être comparée; tout fait unique sera toujours inconcevable. Il est donc très-possible que ne pouvant analyser la matière, voir ses élémens à nud, saisir le mécanisme de leur action mutuelle, nous ne concevions pas comment la force de la gravité agit instantanément aux plus grandes distances. Mais cette difficulté de concevoir un fait, n'est pas une raison de croire à son existence; & , comme l'observe très-bien M. de la Place, quand même tous les phénomènes nous donneroient lieu de penser que l'action de cette force est instantanée, il ne faudroit pas en conclure qu'elle l'est réellement; car dans une progression rapide, il y a loin d'une durée insensible à une durée absolument nulle. Quoi qu'il en soit, les circonstances rendent cette considération superflue; quel que puisse être le tems que l'attraction emploie pour atteindre aux confins de sa sphère, il n'en résulte aucun changement dans l'ordre des phénomènes; toute la différence est dans le premier instant. Il a fallu un tems pour que l'effort, & , pour ainsi-dire, la force fût transmise au corps qu'elle doit faire mouvoir; mais une fois arrivée, les efforts se succèdent immédiatement, & le corps se meut, comme si l'action étoit réellement instantanée.

M. de la Place fait une seconde question, qui dérive natu-

rellement de la première ; il demande si l'attraction agit de la même manière sur les corps en repos & sur les corps en mouvement. En supposant un tems nécessaire pour la transmission de la gravité , on conçoit qu'un corps en repos l'attend , il ne peut échapper à son action : mais un corps en mouvement peut la fuir ; quelque petit que soit le tems de la transmission , la vitesse du corps peut être si grande qu'il puisse s'y soustraire , du moins en partie. Il en résulte une modification dans le mouvement. M. de la Place , ayant appliqué le calcul à cette théorie nouvelle , a supposé à l'action de la gravité une vitesse indéterminée ; il a trouvé en conséquence une accélération dans le moyen mouvement des planetes. C'est aux observations , qui peuvent faire connoître quelques-unes de ces accélérations , à déterminer la vitesse nécessaire pour les représenter. L'équation séculaire de la lune , établie d'un degré en deux mille ans par M. Mayer , fournit un moyen. M. de la Place a choisi la vitesse de la lumière pour terme de comparaison , & il a vu qu'il falloit supposer à la propagation de la gravité une vitesse huit millions de fois plus grande. Telle seroit donc la puissance des moyens de la nature , pour transporter dans ses vastes domaines les effets des causes ! Avec quelle variété & quelle étonnante différence , elle a donné aux différens êtres la faculté de se mouvoir ! L'homme , dans une marche modérée & suivie , parcourt à peu - près quatre pieds par seconde. Les particules de l'air , qui transmettent le son , le portent dans le même tems , à une distance de cent soixante - quinze toises ; & cette transmission est deux cent soixante fois plus prompte que la marche de l'homme. La lumière qui nous est envoyée des astres , en franchit la distance , & arrive avec une vitesse six cent mille fois plus grande que celle du son. Enfin la gravité , qui gouverne l'univers , & qui , comme le despotisme , a
besoin

besoin d'une activité proportionnée à son empire, se transporte ou se communique avec une rapidité huit millions de fois plus grande que celle de la lumière!

Cette vitesse est bien près d'être instantanée; mais enfin elle ne l'est pas. Le petit tems qu'elle suppose a des effets sensibles, puisqu'il en résulte, dans l'intervalle de deux mille ans, une équation séculaire d'un degré pour la Lune, une de 10 ou 12' pour le Soleil, une de 38' pour Vénus, & une de $5^{\circ}\frac{1}{2}$ pour Mercure; les équations séculaires des trois autres planetes sont insensibles (a). Cette cause nouvelle d'accélération, proposée par M. de la Place, sans être ni démontrée, ni encore établie, est assez vraisemblable pour n'être pas rejetée: elle appartient à une très-bonne physique; elle est conforme à la marche de la nature. Toute action a besoin d'un tems, tout transport, tout mouvement s'accomplit dans une durée. On a cru long-tems que la lumière étoit instantanée; il a fallu que les satellites de Jupiter aient été découverts, que leurs éclipses fussent observées, pour nous apprendre que la lumière emploie $8'\frac{1}{2}$ à venir du Soleil jusqu'à nous. Cette vitesse a paru prodigieuse, celle de la gravité le seroit davantage: mais la nature approfondie nous étonne toujours; & en fait des prodiges, les grands ne sont pas plus difficiles à concevoir que les autres.

Voilà donc deux causes pour l'accélération du mouvement des planetes, la résistance de l'éther, & la propagation successive de la gravité. Une accélération, telle que celle de la lune, offre peut-être les effets mêlés des deux causes combinées. Quand on ne connoît & qu'on ne considère que ce phénomène unique, il n'y a pas de moyen de les séparer. La raison peut admettre les deux causes; mais elle n'en peut

(a) Mém. des Sav. étrang. 1773, p. 173.

apprécier l'intensité que par les phénomènes mêmes. Le problème renferme deux quantités indéterminées, la vitesse de la gravité & la densité de l'éther qui produit sa résistance. On ne peut être bien éclairci sur ce point, que lorsqu'on connoîtra les accélérations de trois planetes. Les deux premières serviront à fixer la valeur des deux quantités indéterminées : & si avec ces quantités ainsi connues, le calcul représente assez bien la troisième accélération, on sera sûr d'avoir trouvé la vérité. Les causes seront justifiées, leur intensité mesurée ; & l'esprit humain pourra s'applaudir d'avoir su peser l'éther, & d'avoir suivi la progression rapide de la gravité, dans sa grande communication du centre aux extrémités du monde. Mais nous sommes encore bien peu avancés à cet égard : l'accélération de la lune est la seule qui soit bien constatée ; celle du soleil, fondée sur des conjectures, offre beaucoup de difficultés, & d'autant plus qu'elle ne s'accorde point avec les résultats des deux causes que nous venons d'indiquer. Toutes les deux ensemble ne donneroient pas une accélération de plus de $12'$, tandis que nous l'avons supposée de 39 . Cette accélération ne doit cependant pas être absolument rejetée ; il reste encore dans le système du monde des causes qui ont pu la produire. Les comètes, qui descendent continuellement dans la région des planetes, peuvent, en les approchant, altérer leur mouvement. Cette altération n'est point de nature à croître avec le tems, elle est une fois imprimée ; c'est l'effet du passage de la comète, la comète éloignée n'agit plus, & le mouvement de la planète se perpétue avec son altération. L'Académie des Sciences de Paris avoit demandé en 1760 si le mouvement moyen des planetes conserve toujours la même vitesse, ou si par la succession des tems, il ne subit pas quelque changement. M. Charles Euler, fils du célèbre Léonard Euler, qui

remporta ce prix, a tourné particulièrement ses recherches sur les dérangemens, qui pourroient être produits par les comètes. Il a trouvé que celle de 1759 avoit pu agir sur la terre, changer l'axe de notre orbe, & alonger la durée de l'année. On ne peut dire de combien, parce que la masse de la comète, nécessaire pour évaluer sa force, est inconnue. Si cette masse étoit égale à celle de la terre même, l'année auroit été alongée de 27'; & si cette masse eût été vingt-sept fois plus petite, l'altération dans la longueur de l'année auroit été encore très-remarquable. Nous pouvons conclure deux choses de ces recherches de M. Charles Euler: la première, que les comètes en général n'ont que de petites masses, & qu'elles peuvent passer près de nous, sans nous causer beaucoup d'inquiétude; la seconde, que comme dans le nombre de ces comètes il doit y en avoir de plus massives les unes que les autres, que d'ailleurs leur force est proportionnée à leur proximité, il peut être arrivé que jadis une comète ait passé assez près de la terre pour avoir eu sur elle une action sensible, & avoir accourci l'année peut-être de deux minutes. Cette altération, jointe aux deux causes constantes d'accélération, auroit suffi pour produire les 2' 51" de différence que nous trouvons entre l'année déduite de la période de 600 ans, & l'année que nous observons aujourd'hui. La supposition de l'action d'une comète paroîtra même nécessaire, si l'on considère que ces deux années sont également bien établies, & que ni l'une ni l'autre ne comportent une erreur de trois minutes.

Mais dans toutes les altérations des mouvemens des planètes, les mieux constatées & les plus difficiles à expliquer sont celles de Jupiter & de Saturne. Les deux causes ci-devant indiquées ne peuvent s'y appliquer; la résistance de l'éther, la propagation de la gravité ne fournissent pour Jupiter & pour

Saturne aucune équation sensible. D'ailleurs ces équations séculaires n'indiqueroient jamais qu'une accélération; elles seroient donc insuffisantes & même contraires aux phénomènes de Saturne, dont le mouvement est retardé. D'un autre côté, l'action mutuelle de ces deux planetes l'une sur l'autre, suivant M. de la Place, par la voie de l'approximation, & suivant M. de la Grange, par une démonstration rigoureuse, ne peut avoir aucun effet constant sur le moyen mouvement. Voilà donc des effets qui restent sans cause connue; l'observation les indique, la théorie semble se refuser à les expliquer. Il ne paroît pas possible de douter des phénomènes mêmes: ils sont appuyés, à la vérité, sur les observations anciennes, susceptibles de grandes erreurs; mais ces erreurs n'étoient point de sept à huit degrés, comme il faudroit le supposer, pour anéantir l'équation séculaire de Saturne; ces phénomènes ont été remarqués & confirmés depuis près de deux siècles, par un grand nombre d'Astronomes, Kepler, Horroxe, Flamsteed, Maraldi, Halley, Cassini, le Monnier, Wargentin, la Lande, &c. On ne peut d'ailleurs refuser de croire à la Géométrie, lorsqu'elle démontre, lorsqu'elle affirme que l'action de Jupiter & de Saturne ne peut altérer leur moyen mouvement. Il semble alors que ces dérangemens ne puissent être attribués qu'aux comètes: il faut qu'il en soit venu une pour accélérer Jupiter, & une autre pour retarder Saturne; la chose est possible sans doute. Cependant quand il faut appeler ainsi des astres pour opérer l'effet qu'on demande; quand on ne peut dire à quel astre il est dû, en quel tems & par quelle force il a été produit; quand on ne peut montrer la relation de l'effet à la cause, cette manière de résoudre les difficultés ressemble toujours au *Deus ex machinâ*, au dénouement des anciens tragiques. D'ailleurs il faut ici deux événemens, & placés tous deux dans des circon-

tances convenables pour produire des effets contraires. Nous observerons encore que ces altérations paroissent telles qu'elles vroient être, si elles étoient dues à l'action mutuelle des deux planetes.

Nous voyons que dans presque toutes les positions de Jupiter & de Saturne, ces deux planetes doivent avoir des effets opposés ; lorsque Saturne précède Jupiter, le mouvement du premier est retardé par le second, le mouvement du second est accéléré par le premier. Le contraire arrive lorsque c'est Jupiter qui devance Saturne ; mais les effets réciproques sont toujours opposés. Lorsque les deux planetes sont en conjonction, Saturne aggrandit l'orbite de Jupiter, en l'éloignant du Soleil, Jupiter resserre celle de Saturne, en le rapprochant de cet astre ; il n'y a que le cas de l'opposition, où les effets réciproques des deux planetes concourent à diminuer la grandeur de leurs orbites. Enfin, en général, on voit que si dans une moitié de l'orbite & du tems de la révolution, une des planetes est accélérée ou retardée, elle est retardée ou accélérée dans l'autre moitié. Si ces deux moitiés étoient égales, ou du moins si le tems employé à les décrire étoit le même, il n'y a pas de doute que les effets ne fussent détruits ; mais la position des orbites, la situation réciproque des aphélies empêchent cette égalité. On fait que dans une ellipse, décrite en vertu d'une tendance inversement proportionnelle au carré des distances, la moitié de cette ellipse, prise d'une moyenne distance à l'autre & comprenant le point de l'aphélie dans son milieu, sera parcourue dans un tems sensiblement plus long que l'autre moitié, qui a le point du périhélie dans son milieu. Cela posé, si la situation des orbites est telle que Jupiter soit accéléré, & Saturne retardé dans cette première moitié, pendant un tems plus long, tandis que Jupiter est retardé & Saturne accéléré

dans l'autre moitié pendant un tems plus court , les effets ne seront plus complètement détruits ; l'action , qui aura été appliquée pendant un plus long tems , aura l'avantage ; & après chaque révolution complète , il restera , toute déduction faite , des effets détruits , une accélération pour Jupiter , & un ralentissement pour Saturne. Voilà ce qu'a dit Jacques Cassini (a) en 1746 : il a fait voir que les orbites & leurs aphélies étoient placées de manière à produire cet effet ; il a même estimé , dans une infinité de positions différentes , la force de Jupiter sur Saturne , tant pour l'accélérer que pour le retarder , & il a trouvé que les sommes de ces forces étoient entr'elles comme 3519 à 3536 ; d'où il semble résulter évidemment un ralentissement pour Saturne. Jacques Cassini a montré que , comme cet effet tenoit à la position de l'aphélie & de la ligne des absides , il s'anéantiroit & deviendrait même contraire après une demi-révolution de cette ligne ; révolution infiniment longue , puisque les aphélies avancent si lentement dans le ciel. M. Euler en 1752 , dans sa piece qui a remporté le prix de l'Académie des Sciences de Paris , trouve , comme Jacques Cassini , par une première approximation , un ralentissement dans le mouvement de Saturne , une accélération dans celui de Jupiter , qui tous deux dépendent de la position des aphélies. Ces effets ont la même période que la révolution de ces points ; & lorsque les positions des aphélies seront contraires , les effets le seront aussi. Le ralentissement deviendra une accélération , & l'accélération un ralentissement ; les résultats de la théorie étoient alors assez conformes aux phénomènes observés. M. de la Grange , venu après M. Euler , a d'abord trouvé des résultats semblables. M. de la Place , en poussant plus loin

(a) Mém. de l'Acad. des Scien. 1746 , p. 565.

l'approximation , a détruit ces résultats ; & la théorie n'indique plus aucune altération constante. M. de la Grange même a démontré depuis qu'il ne peut en exister aucune dans la solution du problème. Nous n'avons rien à opposer au témoignage de sa démonstration. Mais il faut distinguer deux espèces d'équations séculaires. Les unes croissent à l'infini ; elles dépendent d'une cause invariable & toujours subsistante , qui sans cesse accumule les effets. Telle est l'altération qui peut naître de la résistance de l'éther , ou du tems employé à la propagation de la gravité. Les autres ne sont pas des équations séculaires , mais elles peuvent se présenter sous la même apparence. Toute équation , ou toute inégalité , qui affecte le mouvement des planetes , a une période pendant laquelle elle croît , décroît , s'anéantit & se renouvelle. Les périodes de ces différentes inégalités sont plus ou moins longues : il en est qui surpassent de beaucoup le tems de la révolution de la planete ; telles sont celles qui dépendent du mouvement de l'aphélie. Il est donc possible que dans les dérangemens qu'une action étrangère imprime à un corps mù autour d'un centre , il y en ait qui ne s'accomplissent qu'après un grand nombre de siècles ; destinés à croître pendant un long tems , ces dérangemens se manifesteront pendant un certain nombre de siècles , comme une inégalité constamment croissante , comme une véritable équation séculaire. Car les observations , sur-tout les anciennes , ne sont ni assez suivies , ni assez précises , ni peut-être même assez anciennes , pour laisser appercevoir les degrés d'accroissement & de diminution , qui rendent ces inégalités variables. Nous n'avons pas encore eu assez de tems pour que l'observation nous éclaire à cet égard ; c'est à la Géométrie à chercher si l'action mutuelle de Jupiter & de Saturne l'un sur l'autre ne peut pas produire des équations de cette forme. Le mouve-

ment de leurs aphélies est infiniment lent ; quelques-unes des équations, qui peuvent naître de ce mouvement, doivent avoir des périodes infiniment longues. Les réflexions ingénieuses de Jacques Cassini conduisent à cette idée : la solution approchée du problème des trois corps la favorise par ses résultats ; cette solution fournit des équations de ce genre , que la démonstration rigoureuse de M. de la Grange n'exclut pas. Nous sentons que, comme cette espece d'équation est donnée par des méthodes d'approximation , on y retrouve toute leur incertitude. Le mouvement de l'aphélie, encore mal connu , peut ne donner que des coefficients incertains : d'ailleurs , en descendant à ces petits détails , on approche sans doute de la limite des méthodes ; c'est-à-dire, du terme où elles peuvent égarer. Quand la théorie , avec les moyens actuels , ne fourniroit aucune de ces équations pour Jupiter & pour Saturne, sans doute on ne seroit pas en droit de conclure qu'elles n'existent point. Nous attendrons de l'avenir ce que le présent nous refuse ; mais si la théorie pouvoit donner aujourd'hui ces équations , ce seroit un grand pas vers la connoissance des causes & vers la perfection de la science.

De cette question de l'altération des moyens mouvemens , on peut passer à une autre qui concerne la forme des orbites. Cette forme est-elle constante, c'est-à-dire, l'ellipse que décrit une planete autour du soleil, demeure-t-elle la même , & ne peut-elle se resserir pour s'allonger comme l'orbe des cometes, ou s'élargir & s'arrondir davantage , pour s'approcher de la forme circulaire ? Ces changemens dépendent de l'excentricité ; car lorsque l'excentricité s'anéantit , l'ellipse devient un cercle. En réfléchissant sur le mouvement d'un corps, qui décrit une ellipse autour d'un autre , la première cause qui se présente pour en altérer la forme , c'est la résistance de l'éther ; mais
comme

comme cette résistance est très-petite, les changemens de l'excentricité sont insensibles (a). Il n'en est pas de même de l'action mutuelle des planetes. Toutes les solutions du problème des trois corps enseignent que, si une action étrangère vient troubler le mouvement d'un corps autour d'un autre, ce mouvement reçoit plusieurs altérations, le tems de sa révolution n'est plus le même, l'excentricité est changée. Dans la théorie de la lune, par exemple, la révolution de cette planete, qui auroit lieu, si le soleil ne troubloit pas ses mouvemens, seroit plus courte d'environ six heures, & l'équation du centre plus petite d'environ un degré & demi (b). On en peut conclure que toute perturbation a des effets semblables; & comme tous les corps du système solaire s'attirent & se dérangent mutuellement, il s'ensuit que les tems des révolutions & les excentricités que nous observons aujourd'hui, ne sont point ceux qui existeroient, si chaque corps se mouvoit à part, tranquillement, sans altération étrangère dans son orbite régulière, tracée autour du soleil. Mais ce changement, arrivé une fois & non répété, ne nous intéresse pas; nous n'avons pas besoin de savoir ce qu'auroit été l'univers dans un autre ordre de choses: le passé n'est rien pour nous, l'avenir seul renferme nos craintes & nos espérances; nous demandons les changemens dont nous ou nos descendans serons les témoins. M. de la Grange a examiné les altérations de l'excentricité de Jupiter & de Saturne; & il a trouvé que l'excentricité de Saturne diminueoit de $1' 47''$ par siècle, tandis que celle de Jupiter augmente d'environ $1'$ (c). M. de la Place, en traitant la même matière, a trouvé que l'excentricité de Jupiter pouvoit

(a) Voyez la piece du prix de 1760, par M. l'abbé Bossut; & celle de M. Albert Euler, p. 37.

(b) M. Clairaut, Journal des Sav. Déc. Tome II, p. 12.

(c) Mém. de Turin, Tome III, p. 378.

varier dans la proportion de 24 à 62, & celle de Saturne dans la proportion de 11 à 83, dans une période de trente-quatre mille sept cent vingt-trois ans (a). Ces variations déterminées de l'excentricité nous font revenir encore sur la permanence des révolutions; & s'il nous est permis d'élever un doute, nous remarquerons d'abord que l'action d'une planète, lorsqu'elle commence à agir sur une autre, pour troubler son mouvement autour du soleil, est en tout semblable à l'action qu'elle aura sans cesse dans la suite des siècles; il ne peut y avoir de différence que dans l'accumulation des effets. Or si l'action, appliquée une première fois, a pu altérer la forme de l'orbite & changer la durée de la révolution, nous demandons pourquoi cette action répétée n'auroit pas toujours des effets semblables? Pourquoi l'excentricité & le tems de la révolution ne feroient pas de plus en plus altérés? Et nous le demanderons d'autant plus que, voyant la même théorie donner des changemens périodiques, mais successifs & long-tems continués dans l'excentricité, nous y reconnoissons cette relation nécessaire entre l'effet & la cause, & une constance de changemens, qui suit la constance d'une action toujours semblable à elle-même. Mais pourquoi cette continuité d'effets semblables n'auroit-elle lieu que pour l'excentricité? Pourquoi l'action, qui altéra une première fois le tems des révolutions & la forme des orbites, altère-t-elle encore cette forme, sans influencer davantage sur les révolutions? C'est ce qui ne paroît pas conforme à la métaphysique des sciences. Nous soumettons ces difficultés aux Géomètres qui en peuvent décider, & nous suivons notre objet. M. de la Place a trouvé que l'excentricité du soleil augmentoit, & de manière que l'équation du centre, qui en résulte, croissoit d'environ $13''$ par siècle (b). Les obser-

(a) Mém. de l'Acad. des Scien. 1772, 2^e Part. p. 368.

(b) Mémoires des Savans étrang. 1773, p. 225.

vations ne sont pas contraires à ces indications de la théorie. L'équation du centre du soleil ne laisse appercevoir, à la vérité, aucune diminution, lorsqu'on compare celle que nous observons aujourd'hui à celle qui résulte des observations de Waltherus; mais une variation de $32''$, relative à un intervalle de 250 ans, seroit sans doute peu sensible par ces observations. Cependant nous ne devons pas dissimuler que les anciennes déterminations donnent toutes une équation du centre du soleil plus grande, au lieu de la donner plus petite; celle de Ptolémée est de $2^{\circ} 23'$; celle des Siamois de $2^{\circ} 12'$; celle des Indiens à peu près la même; enfin celle des anciens Persans est de $2^{\circ} 0' 30''$: & il faut observer que cette dernière, trouvée dans les Tables persannes, en accompagnant d'autres fort exactes, telle que celle de l'année solaire, qui est fixée à $365^{\text{d}} 5^{\text{h}} 49' 3''\frac{1}{2}$. Si on pouvoit se fier entièrement à ces anciennes déterminations, on croiroit que cette équation diminue au lieu d'augmenter; mais les résultats présentés seuls, & dénués des observations qui les ont fondés, nous laissent toujours dans un doute légitime. Les autres équations du centre qu'on a pu examiner, sont celles de Saturne & de Jupiter; on soupçonne une diminution dans celle de Saturne (a), qui confirmeroit les théories de MM. Euler & de la Grange (b). M. Wargentin a supposé la variation de l'équation du centre de Jupiter de $2' 15''$, & nous de $1' 47''$ par siècle. Ces quantités sont presque doubles de celles qu'indiquent les théories de M. de la Grange & de M. de la Place, qui ne donnent guères qu'une minute; mais il faut avouer que les observations anciennes peuvent être assez suspectes pour rendre douteuses non seulement la quantité, mais l'existence de la

(a) M. de la Lande, Astron. Tome II, p. 69.

(b) Mém. de Turin, Tome III, p. 378. Pièce du prix de 1748, & de 1752.

variation. Il n'y a donc rien de bien décidé sur le changement de la forme des orbites. La théorie l'annonce, les phénomènes ne s'y opposent pas formellement : mais il faut se ressouvenir que le changement seroit périodique & alternatif ; en sorte que l'excentricité, après avoir augmenté jusqu'à un certain terme, s'arrêteroit pour diminuer. C'est l'effet d'une action appliquée tantôt dans un sens & tantôt dans un autre ; les résultats ont lieu tour à tour , en plus & en moins , conformément à la balance qui existe dans toute la nature , où les forces opposées entretiennent le mouvement, en tendant toujours à l'équilibre. Cette altération n'est point du même ordre que celle qui peut naître de la résistance de l'éther ; si cette dernière existe, c'est une cause toujours agissante, une cause destructive & réservée à de grandes transformations dans l'immensité des siècles.

Dans le nombre des phénomènes célestes, il en est qui resteront peut-être toujours les objets de nos conjectures. Il est bien prouvé sans doute que les comètes ont des révolutions & des retours périodiques ; la partie de leur orbe qui nous avoisine, la partie observable approche infiniment de la parabole & s'y confond, même dans les observations. Si l'obliquité de l'impulsion primitive, ayant lancé les comètes dans une direction peu différente de celle de la force centrale, leur a permis un grand éloignement, & cet alongement dans leur route, qui les caractérise ; ces caractères peuvent appartenir à certaines hyperboles, comme aux ellipses fort alongées. Pourquoi donc toutes les comètes décriroient-elles de longues ellipses, tandis qu'il n'y en auroit point qui décrivissent des hyperboles ? Ce qui détermine la courbe, ou la route que le corps doit parcourir, c'est le degré de sa vitesse au moment où il est lancé. On sent qu'il peut y avoir un nombre infini de degrés de vitesse. Pourquoi les corps n'auroient-ils reçu que ceux qui font décrire des ellipses ?

M. du Séjour observe qu'il y a un grand nombre de degrés de vitesse, qui donnent des hyperboles sensibles, & de nature à être distinguées par les observations, tandis qu'il n'y en a qu'un petit nombre qui produise des ellipses assez alongées pour que leurs extrémités se confondent avec des paraboles (a). Quelle seroit la raison de ce choix ? Sans doute nous l'ignorierions long-tems ; mais avant de chercher la cause d'un fait, il faut être sûr que le fait existe. L'hyperbole n'est point une courbe fermée, comme le cercle & l'ellipse, où un corps peut faire des révolutions & revenir sur ses pas. En partant de son origine, elle a deux branches qui se prolongent à l'infini & s'écartent toujours, sans pouvoir se rejoindre : un corps qui en suit une, ne peut jamais passer dans l'autre ; tout retour, toute révolution lui est donc impossible. Il y a peut-être eu autant, & plus, de comètes qui ont décrit des hyperboles, qu'il n'y en a qui maintenant décrivent des ellipses. Mais celles-ci sont de notre système : elles nous appartiennent ; elles portent la même chaîne que nous. L'extension possible de cette chaîne leur permet de s'éloigner ; mais les oblige à revenir. La nature avoit destiné les autres à se séparer de nous : au moment où elles ont commencé à se mouvoir, elles ont commencé à s'éloigner ; elles ont quitté notre système pour traverser les espaces célestes, atteindre un autre système, s'approcher d'un nouveau soleil & là, peut-être à raison de la proximité, recevoir de lui le joug que le nôtre n'a pu leur imposer. En conséquence de cette conjecture, le tems & le hasard peuvent nous amener quelque jour des comètes échappées à un système étranger. Ainsi l'empire des soleils auroit ses rebelles & ses transfuges. Il ne faut donc pas s'étonner de n'appercevoir que des comètes périodiques ; si

(a) Essai sur les comètes, p. 337.

toutes celles que nous observons ont des routes elliptiques ou paraboliques, les autres ont disparu & n'existent plus pour nous.

La trainée lumineuse, qui accompagne quelquefois les comètes, cette queue souvent si étendue, & jadis si effrayante, quoique visible & mesurable, est encore un phénomène dont la vraie cause sera peut-être toujours inconnue, quand ce ne seroit que par la difficulté du choix, entre des explications également vraisemblables. Newton a pensé que ces astres, passant d'un éloignement considérable à une grande proximité du soleil, étoient excessivement échauffés; & que les vapeurs volatilisées s'évaporent sous la forme d'une fumée blanchâtre, & se rangeoient en colonnes du côté opposé. M. de Mairan a imaginé que les comètes, traversant l'atmosphère solaire, se chargeoient des parties lumineuses qui le composent, & les traînoient à leur suite. M. Oliver a un système différent; il pose pour principe, que la gravitation n'existe que dans les grandes masses & dans les portions sensibles de la matière. Lorsque la division est telle, que les parties sont infiniment petites, l'attraction cesse & la répulsion commence. Cette répulsion semble être prouvée par la dilatation excessive de l'air; dans ses états extrêmes, il peut remplir des espaces cubiques, qui sont entr'eux comme 1 à 826140. Les intervalles des particules sont alors entr'eux comme 1 à 94; elles ne peuvent s'être ainsi écartées que par une force contraire à l'attraction, par une force centrifuge, ou par une véritable répulsion. M. Oliver est ici d'accord avec M. de Buffon, qui attribue l'expansion du feu & de la lumière à la ténuité de leurs parties, qui sont qu'elles se repoussent, au lieu de s'attirer. M. Oliver suppose que tous les corps ont des atmosphères composées de parties très-subtiles & très-legères, qui rendent ces atmosphères capables de se repousser lorsqu'elles

se rencontrent. Les comètes en ont, le soleil en a aussi lui-même. Une comète, en approchant de cet astre, en avançant toujours vers le point d'où part la force répulsive, présente son atmosphère & à cette chaleur qui la dilate, & à la force répulsive qui en rejette continuellement les parties derrière la comète, du côté où elles sont plus libres de s'étendre. Les phénomènes de l'électricité appuient cette théorie. Le fluide électrique se condense autour des corps électrisés, & les environne en forme d'atmosphère; & lorsque les corps sont assez voisins, les atmosphères se repoussent mutuellement. Ces corps, que nous avons sous les yeux & dans les mains, sont donc un système planétaire en petit; & il semble qu'il n'y ait rien à répondre à l'application que l'auteur fait des expériences de M. Franklin. Lui-même en a imaginé une qui est très-intéressante. Il a pris une petite balle dorée de quatre pouces de diamètre, qu'il a attachée à la verge d'une bouteille électrique, puis une autre balle de liège, qu'il a fait traverser en tous sens par de longs fils. Cette seconde boule étoit suspendue, de manière qu'elle reposoit sur la première. Lorsqu'on a fait l'électricité, la répulsion a commencé à agir: tous les fils mobiles se sont dirigés à l'opposite de la boule fixe; & en faisant tomber légèrement le vent d'un soufflet sur la boule suspendue, on lui a fait prendre un mouvement de rotation, ou de translation autour de la boule immobile. On a vu cette comète artificielle achever plusieurs révolutions, tandis que les fils, toujours pliés en forme de queue par la force de la répulsion, se dirigeoient toujours à l'opposite de la boule, qui dans son repos représentoit le soleil. M. Oliver passe ensuite à d'autres conjectures, à celle qui roule sur la possibilité que les comètes soient habitées; il fait voir que la chaleur dépend, en grande partie, de la densité de l'air. Dans les plaines du Pérou la chaleur est très-forte, tandis que sur les

Cordilières, à une petite distance de la surface de la terre, le froid est excessif. Les habitans des comètes, si elles en ont, peuvent donc ne pas éprouver un grand chaud, ni un grand froid; leur air, infiniment raréfié dans le périhélie, compense la force & l'abondance des rayons du soleil, & rend la chaleur supportable. Au contraire, dans leur aphélie, la petite quantité de la chaleur est multipliée dans une atmosphère plusieurs millions de fois plus dense; elle empêche le froid de devenir nuisible. Comme la comète s'avance à pas lents, ces changemens arrivent par degrés; il n'y a ni secousse, ni révolution, & la bonté de l'Être suprême maintient l'équilibre dans ces globes, que nous avons crus livrés aux plus cruelles alternatives.

M. Oliver ne s'est pas contenté d'examiner la température dont jouissent les habitans de ces astres; il a voulu calculer la lumière qui les éclaire. Il a trouvé que la comète de 1680, qui s'éloigne du soleil cent trente-huit fois plus que la terre, quand même son air ne seroit pas plus dense que le nôtre, jouiroit d'une lumière environ cinq fois plus forte que celle que nous recevons de la lune dans son plein. Mais comme l'atmosphère des comètes est beaucoup plus dense que la nôtre, elle peut réfléchir beaucoup plus de lumière; & cette quantité réfléchie se joint à la lumière directe, pour y former le jour. M. Oliver s'occupe aussi de la respiration des Habitans. Il y a en effet une grande différence de l'air respirable d'une comète périhélie à l'air d'une comète aphélie. M. Oliver remarque que le docteur Halley respiroit fort bien dans la mer sous une cloche, à la profondeur de dix brasses; la condensation de cet air surpassoit trois fois celle de l'air que nous respirons à la surface, & environ douze fois celle de l'air qu'on respire sur les hautes montagnes. Les poulmons s'accoutument de ces différens

différens airs , & n'ont souvent que peu de tems pour se conformer à ces changemens : si les comètes en souffrent de plus grands , leur marche lente permet à leurs habitans de s'y faire insensiblement ; & l'on fait combien l'Être suprême a rendu la nature flexible , pour la soustraire aux causes nuisibles dont elle est environnée. Tout cet ouvrage est infiniment ingénieux : le système est très-vraisemblable ; & peut-être l'application de la force répulsive & des phénomènes électriques aux phénomènes de la queue des comètes , mérite-t-elle un autre nom.

Il est une espece d'apparence céleste , dont nous n'avons point parlé dans le cours de cet ouvrage , ce sont les étoiles nébuleuses , ou plutôt simplement les nébuleuses. Il est encore très-douteux si rien de ce qui les concerne appartient à des étoiles ; elles tirent ce nom de leur ressemblance avec les nuages blanchâtres , légers & transparens , que l'on voit dans les beaux jours , vers la partie la plus élevée de l'atmosphère. Tout le monde connoît la voie lactée , cette ceinture blanche & lumineuse qui enveloppe le ciel : ce n'est point une apparence continue ; on y distingue des intervalles & sa largeur varie dans l'étendue de son cours. Les nébuleuses paroissent être de la même nature. Elles sont anciennement connues ; Ptolémée en fait mention ; Démocrite a dit , il y a plus de deux mille ans , que la voie lactée est composée d'une multitude d'étoiles , serrées les unes contre les autres , invisibles par leur petitesse , mais dont les rayons réunis & confondus forment cette apparence lumineuse. L'explication doit être la même pour les nébuleuses. Lorsque les lunettes furent découvertes , & que l'on put examiner plus attentivement le ciel , on vit en effet que plusieurs de ces nébuleuses étoient un amas d'étoiles ; les étoiles étoient séparées , distinguées dans le télescope , & le nuage n'existoit plus. Mais lorsque ce même télescope fut

tourné vers les vraies nébuleuses & vers la voie lactée, il fut impossible d'y appercevoir aucune étoile; ou du moins si quelques étoiles sont semées dans leur étendue, elles sont trop rares pour être la cause de la lumière. Le télescope a fait découvrir une infinité de ces nébuleuses, le ciel en est parsemé: M. de la Caille en a compté quarante-quatre dans le ciel austral qu'il a décrit en entier (a); M. le Gentil en a découvert plusieurs (b), & M. Messier a dressé un Catalogue assez ample de celles qu'il a eu occasion de connoître dans l'hémisphère boréal (c).

Nous allons faire l'histoire de la nébuleuse d'Andromède, qui a été mieux examinée que toutes les autres. Elle fut découverte en 1612 par Simon Marius; le 15 Décembre, dit-il, je vis, au moyen de la lunette, une étoile fort extraordinaire par sa figure, & telle que je n'ai rien trouvé de semblable dans tout le ciel. Elle est à la ceinture d'Andromède; elle paroît à la vue simple comme un petit nuage. Lorsqu'on la regarde avec la lunette, on n'y voit point de petites étoiles, comme dans la nébuleuse du Cancer & dans toutes les autres nébuleuses; mais on y apperçoit seulement quelques légers rayons de lumière blanchâtre, & d'autant plus clairs qu'on approche davantage du centre. Ce centre n'est lui-même marqué que par une foible clarté, sur un diamètre de près d'un quart de degré. Elle m'a paru avoir tout-à-fait l'apparence de la flamme d'une chandelle, qu'on verroit dans la nuit à travers de la corne transparente (d). M. le Gentil a examiné attentivement cette clarté du centre: en regardant un peu fixement cette nébuleuse, dit-il, il y a des momens où on croit appercevoir dans son milieu une très-petite étoile, ou du moins une

(a) Mém. Acad. des Scien. 1755, p. 194.

(b) Mémoires des Sav. étrang. Tome II,

P. 137.

(c) Mém. Ac. des Sc. 1771, p. 435.

(d) Voy. la Préface de son ouvrage intitulé *Mundus jovialis*.

espece de noyau plus lumineux que le reste. On remarque à peu - près la même chose avec une lunette de deux pieds de longueur ; mais lorsqu'on emploie une lunette de huit ou neuf pieds , la nébuleuse conserve partout la même densité & la même lumière. Les rayons qu'elle jette de tous côtés vont se perdre dans le ciel ; & comme ils ne sont composés en apparence que de filets très - déliés & assez détachés les uns des autres , leur extrémité se confond aisément avec l'azur céleste. Cela suffit donc lorsqu'on la regarde à la vue simple , ou avec une petite lunette , pour la faire paroître plus claire & plus lumineuse vers son centre que vers ses bords (a). M. le Gentil en a découvert encore une autre dans la même constellation ; elle est composée de deux rayons. D'autres , au lieu d'être distinguées en jets & en rayons , ne présentent qu'un petit espace d'une lumière égale & continue. On a cru remarquer des changemens de forme dans la nébuleuse d'Andromede ; on va même jusqu'à soupçonner qu'elle peut avoir disparu pendant quelque tems , & être sujette aux mêmes altérations d'apparition & de disparition que quelques étoiles du ciel. Voici sur quoi on l'imagine : cette nébuleuse avoit été connue bien avant le tems de Simon Marius ; cet Astronôme n'a fait que ce que bien d'autres ont fait dans les sciences , c'est de réinventer ce qui avoit été connu & oublié avant eux. La nébuleuse est marquée sur un catalogue d'étoiles , dressé dans le dixieme siecle , six cens ans avant Simon Marius (b) ; catalogue dont l'auteur est anonyme ; il représente la nébuleuse sous une figure ovale. M. Cassini dit que sa figure est à peu près triangulaire. En 1747 & 1749 , M. le Gentil la vit circulaire : en 1757 & 1758 , elle lui parut ovale , comme dans la figure de l'Astro-

(a) Mém. de l'Ac. des Sc. 1759, p. 462.

(b) *Ibid.* pag. 459.

nôme anonyme ; il lui trouva même beaucoup plus d'éclat (a) ; avec un télescope grégorien de six pieds, elle lui parut ressembler à la gueule ouverte d'un animal (b). Ces apparences, ces figures tiennent peut-être aux instrumens qu'on emploie ; nous croyons même qu'en faisant usage de télescopes d'une certaine force, cette lumière légère pourroit s'évanouir, & la nébuleuse ne seroit plus sensible. La preuve en est simple : avec des lunettes depuis huit jusqu'à quinze pieds, on distingue trois petites étoiles qui sont renfermées dans l'étendue de la nébuleuse ; avec un télescope de six pieds, les petites étoiles paroissent à côté. Il est évident que la force du télescope a fait évanouir la lumière apparemment plus foible où ces étoiles étoient comprises, & a diminué l'étendue de la nébuleuse. Bouillaud pense qu'elle peut être sujette à disparaître, parce qu'ayant été connue au dixième siècle, elle n'a été ni vue auparavant par Hypparque & par Ptolémée, ni après par Tycho & par Baïer. Depuis 1612 il n'en a plus été question, jusqu'en 1664, où Bouillaud la vit & la trouva plus lumineuse qu'en 1666. M. le Gentil lui-même l'a vue plus claire dans un tems que dans un autre ; mais ces différences peuvent tenir à un peu plus ou à un peu moins de transparence dans l'atmosphère. Nous n'en savons pas encore assez pour prononcer sur ces alternatives : c'est au tems à nous instruire ; nous revenons aux nébuleuses en général.

On ne peut douter qu'elles ne soient en tout semblables à la voie lactée ; on diroit que ce sont les débris épars de la matière dont la nature a composé cette traînée blanchâtre. Ces nébuleuses n'ont pas plus de parallaxe que les étoiles, elles sont donc à la même distance. Il en résulte que ces espaces où l'on

(a) *Mém. Acad. Scien.* 1759, p. 64.

(b) *Ibid.*, p. 466.

doit jouir d'un jour perpétuel, ces espaces si petits à notre vue, sont cependant plus grands que tout le système solaire; car si nous nous transportions dans une étoile pour considérer de loin les planètes, ces masses énormes qui roulent autour de nous, les espaces & les millions de lieues qu'elles parcourent, tout cela n'occuperoit, au plus, dans le ciel qu'une étendue de dix ou douze secondes, tandis que plusieurs de ces nébuleuses en occupent une cent fois plus grande. M. de Mairan voyant l'atmosphère immense du soleil se montrer quelquefois à l'horizon le soir & le matin, sous le nom de lumière zodiacale & sous l'apparence d'une traînée blanchâtre, fort ressemblante à la voie lactée & aux nébuleuses, a imaginé que les nébuleuses & la voie lactée étoient produites par les atmosphères des étoiles; cette idée ingénieuse est bien difficile à admettre. Pourquoi ne feroit-ce que dans la voie lactée, & dans un petit nombre d'espaces célestes qu'on rencontreroit ces étoiles revêtues d'atmosphères, & réunies en assez grand nombre, & assez serrées pour composer de ces atmosphères une zone entière du ciel, tandis que tout le reste, peuplé d'un nombre de belles étoiles & d'une multitude de petites, n'offre point le même phénomène? D'ailleurs si tant d'étoiles brillent d'une lumière si foible, comment concevoir que les atmosphères, qui ne sont lumineuses que par ces étoiles, puissent nous envoyer une lumière sensible? La lumière zodiacale n'a pas plus d'intensité que la voie lactée; mais elle est infiniment plus proche. On peut juger de ce qu'elle feroit à la distance des étoiles. L'explication de Démocrite présente aussi beaucoup de difficultés. Si l'on a trouvé des nébuleuses qui ne sont que des amas d'étoiles, si l'on en a vu d'autres, où quelques étoiles sont semées au milieu d'un nuage blanchâtre, les plus forts télescopes, dirigés vers ces nébuleuses, ou vers la voie lactée, ne multiplient point ces

découvertes, & n'augmentent point le nombre des étoiles visibles ; tout reste dans le même état. Derham a observé les nébuleuses avec un excellent télescope, & il pense qu'elles ne sont ni des étoiles, ni des corps qui répandent la lumière ou la réfléchissent; ce ne sont pas non plus des amas d'étoiles, ce sont des aires blanchâtres, semblables à des amas de vapeurs nébuleuses d'où elles tirent leur nom. Il dit avoir discerné visiblement que chacune de ces nébuleuses est à une distance immense au-delà des étoiles fixes; distance au moins égale à celle qui sépare les étoiles de nous. Mais l'optique ni l'Astronomie n'ont jusqu'ici fourni aucun moyen d'estimer ces distances, & par conséquent de les comparer entr'elles. Derham va plus loin; il imagine que ces espaces lumineux sont des vides ou des ouvertures, sans doute à la voûte céleste, par lesquels on apperçoit une région immense & lumineuse, placée au-delà des étoiles (a). Cette opinion appartient aux anciens philosophes Grecs: si les mêmes vérités renaissent, si les mêmes inventions sont renouvelées dans la suite des siècles, on voit que les erreurs reviennent comme elles; celle-ci tient sans doute à la difficulté de l'explication. Dira-t-on que la matière de ces apparences est celle de la lumière, qui, envoyée sans cesse de tous les soleils, réfléchi par toutes les planetes, est pompée par quelque agent inconnu, & accumulée dans ces espaces? Mais cette explication seroit insuffisante & chimérique, tant qu'on ne seroit pas en état de déterminer l'agent qui auroit cette puissance. Il faut donc borner nos efforts & nos desirs, puisque la nature l'a voulu: il faut abandonner ce qui est trop loin de nous, porter nos regards sur ce qui nous entoure; assez de faits suffiront à notre étude.

(a) Transactions philosophiques, n°. 428.

Les vérités que nous avons exposées, les conjectures par lesquelles on a quelquefois essayé de réunir celles de ces vérités qui semblent séparées, ou de trouver des causes à des apparences singulières, à des phénomènes isolés, forment un tableau de l'Univers; univers immense où une infinité de soleils ont chacun leur empire particulier, & dont notre grand système solaire ne fait qu'une très-petite partie. Le soleil qui nous éclaire, qui régle tous les mouvemens des planetes, occupe le centre de notre système, & nous l'avons supposé immobile; mais cette supposition est-elle légitime? Le soleil est-il dans un repos absolu? C'est ce qui nous paroît difficile à croire dans un monde dont le mouvement est la vie. Tout naît, tout meurt par le mouvement: chaque portion de la matière en est susceptible; il n'en est aucune, qui à chaque instant ne tende à se mouvoir, & si elle reste en repos, c'est que sa force est tenue en équilibre par une force contraire. Si l'Être suprême a ainsi répandu partout avec profusion dans la matière inanimée la faculté de se mouvoir, si les plus petites molécules en sont revêtues, pourquoi la grande masse du soleil en seroit-elle privée? Nous ne voyons point qu'elle ait de mouvement; est-ce une raison de croire que ce mouvement n'existe pas? Nous ne pouvons en juger que par le changement de relation avec les objets environnans; le soleil n'en a point, ou n'en a qu'à une distance infinie. Cette distance, que nos mesures n'atteignent pas, qui passe même nos conceptions, peut changer, & beaucoup, sans que nous nous en appercevions. L'infini, où notre esprit se confond & se perd, peut être augmenté ou diminué; il restera toujours infini, c'est-à-dire, quelque chose de trop vaste pour nous. Nous avons dit que l'éloignement des étoiles surpassoit deux cent six mille fois celui du soleil. Si cet astre s'étoit rapproché de ces étoiles, & nous en avoit rapprochés

nous-mêmes , de manière que leur éloignement fût réduit à deux cent mille fois la distance du soleil à la terre , ce changement ne seroit point sensible ; la parallaxe annuelle de ces fixes ne seroit ni moins petite , ni plus observable : cependant le soleil se seroit avancé vers ces étoiles d'une quantité égale à six mille fois sa distance à la terre ; ce qui vaut environ deux cent mille millions de lieues , & nous ne nous en appercevriens pas ! La terre est le centre des mouvemens de la lune , elle est immobile à l'égard de cette petite planete ; la terre , en décrivant sa propre orbite autour du soleil , emporte la lune avec elle. L'empire de la première , la dépendance de la seconde ont leur effet entier , comme si la terre étoit en repos. Imaginons une table horizontale , sur laquelle un corps décrive un cercle autour d'un point par un mécanisme quelconque ; si on fait mouvoir la table , le mouvement du corps restera le même. Il n'est question que d'imaginer une table plus grande , où l'on puisse placer le soleil au milieu , les six planetes qui tournent autour de lui , & les dix satellites qui tournent autour d'elles ; on conçoit que cette table , ainsi chargée , peut se mouvoir en emportant tout avec elle , & sans rien changer à aucun de ces mouvemens. On conçoit encore qu'un œil fixé à cette table , ne considérant qu'elle , ne voyant rien de changé en elle , ne s'aperçoit point de son mouvement. Il en est de même du soleil qui , s'il se meut , mene à sa suite les sujets qui dépendent de sa puissance & le cortége qui fait sa grandeur ; & nous , qui , sommes une partie de ce cortége , qui habitons en dedans du système , nous voyons que tout s'exécute & se renouvelle dans un ordre immuable autour du soleil. Nous ne nous éloignons , ni ne nous approchons des étoiles que nous voyons de si loin ; nous n'avons aucun indice du changement , tout nous persuade l'immobilité absolue du soleil. Mais cette image du repos
physique

physique peut être aussi trompeuse que l'image du repos moral : il ne suffit pas que le soleil paroisse immobile pour le juger réellement tel. Nous sommes même fondés à croire que cette immobilité n'est qu'apparente. Les plus fortes raisons d'analogie nous autorisent à croire que les étoiles sont des soleils. On leur a donné le nom d'étoiles fixes, parce qu'en général elles restent constamment dans le ciel à la même place. Cependant les découvertes modernes ont fait voir que cette règle souffre des exceptions : quelques belles étoiles ont changé de position dans le ciel : ces changemens sont légers, mais ils sont assez sensibles pour être décisifs. Plusieurs étoiles de l'Aigle, d'Orion, du Lion ont laissé appercevoir de petits mouvemens ; mais sur-tout Arcturus & Sirius, qui se sont avancés & s'avancent encore vers le midi (a). Ces mouvemens n'appartiennent point à notre globe ; ils seroient communs à la multitude des étoiles, & puisqu'ils sont différens pour chacune d'elles, ils sont réellement propres à ces étoiles.

Quelle que soit la lenteur de ces mouvemens, ils nous apprennent que le repos absolu n'existe nulle part dans l'univers, que ces astres semblables au soleil, que ces masses énormément volumineuses sont susceptibles d'être transportées dans l'espace comme les plus petites. Si l'on demande quelle est la nature de ce mouvement, quelle est la force qui le produit, nous ne pouvons leur assigner qu'une cause conjecturale. Nous voyons dans la nature deux especes de forces ; l'une est la force d'impulsion que tous les corps ont reçue, l'autre est la force attractive qui semble résider dans la matière, & dont chaque molécule paroît être animée. C'est

(a) Voy. Halley, Transac. phil. 1718, n°. 355.

Jacques Cassini, Mém. Acad. des Scien. 1738, p. 345.

M. Bradley, Transf. phil. 1748, n°. 485.

M. le Monnier, Mém. Acad. des Sc. 1769,

p. 14.

M. de Thury, *Ibid.* p. 1.

peut-être une de ces causes; ce sont peut-être les deux ensemble qui font mouvoir tous les soleils. L'impulsion primitive donnée aux planetes, peut avoir été étendue aux grands corps comme aux petits; la nature peut les avoir poussés tous dans l'espace, les uns pour gouverner, les autres pour obéir. Les mondes voyageroient, sans que nous puissions dire ni d'où ils viennent, ni où ils vont. Il est possible encore que ces énormes masses solaires aient une sphère d'activité prodigieusement étendue. Nous voyons que la puissance du soleil suit la comete de 1680, jusqu'à une distance de cinq mille sept cent millions de lieues, & que là cet astre est encore assez fort pour arrêter la course fugitive de la comete, & la faire revenir vers lui. Qui fait si les sphères des différens soleils ne peuvent pas s'atteindre, si leur puissance, capable de tant d'effets, ne s'exerce pas aussi sur eux-mêmes. Ces masses douées du pouvoir d'agir, ont également celui de résister; elles ne sont que peu déplacées, mais l'action la plus foible, avec une constance sans bornes & du tems, qui ne manque pas à la nature, peut changer la face de l'univers. Les soleils, par cette tendance mutuelle, seroient destinés à se réunir un jour en une seule masse. Ce seroit une de ces causes de destruction, que nous ne cherchons partout que parce que nous la sentons en nous-mêmes; nous sommes affligés de passer, de finir, lorsque le monde reste & persévère. Peut-être, & cette conjecture est plus satisfaisante, que l'impulsion & l'attraction contribuent également à ce mouvement. Pourquoi les soleils, dans de vastes circuits, avec des durées proportionnées à leur majesté imposante, n'auroient-ils pas une marche semblable à celle des planetes? Si, comme elles, ils ont reçu l'impulsion primordiale, s'ils sont capables de s'attirer mutuellement, si les amas d'étoiles, dont nous avons déjà parlé, forment des systèmes de soleils analogues aux systèmes des planetes, ces

soleils, ces systêmes peuvent se mouvoir par des loix éternelles, comme les planetes elles-mêmes : & la nature nous présentera une suite de copies du même dessein, également belles, mais diminuant de grandeur depuis le corps, quel qu'il soit, qui est le centre de tout, autour duquel roulent les systêmes de soleils; tandis que les petits tournent autour d'un plus grand, les planetes autour de ces petits soleils, les satellites autour de ces planetes; & enfin jusqu'au pendule, qui oscillant sur son point de suspension, est dans nos observatoires l'image en petit des plus grands effets de la nature, & démontre à notre imagination étonnée comment un corps mu par une impulsion une foi donnée, & en même tems enchaîné à un centre par un lien quelconque, peut courber sa marche & circuler autour du centre. Ce pendule se meut comme la terre, comme le soleil lui-même; & la loi générale de la nature s'accomplit sous nos yeux, comme dans les espaces que nous atteignons à peine par la pensée.

La dernière conjecture qu'il seroit satisfaisant de proposer, seroit celle qui auroit pour objet l'attraction même, sa cause, & le mécanisme de ses effets. On a inutilement tenté jusqu'ici de ramener ce mécanisme à celui de l'impulsion; une infinité de systêmes ont été produits, qui ont été bientôt rejetés, à cause de leur insuffisance. La multitude des effets de l'attraction est innombrable; il faut que le même systême les explique tous. Descartes, Huyghens, Varignon, Mairan, l'abbé de Moliere ont adopté, corrigé l'hypothèse des tourbillons; M. de Mairan seul les avoit abandonnés dans sa vieillesse. Il étoit trop bon philosophe pour rester Cartésien, lorsque les solutions du problème des trois corps, celles des problèmes de la précession des équinoxes & des marées avoient suivi la gravitation dans les plus petits effets, & avoient montré son universalité, lorsque sur-tout les cometes reconnues pour des astres durables,

se mouvant quelquefois dans un sens contraire à ces tourbillons , avoient détruit leur influence imaginaire , comme jadis elles avoient brisé les cieus de verre des anciens. Les grands noms des partisans de l'hypothèse des tourbillons, leurs efforts inutiles démontrent la fausseté de cette hypothèse. Les tourbillons doivent être à jamais oubliés. Les Géometres , les Astronômes & les Philosophes se sont presque tous déterminés à regarder l'attraction comme une propriété essentielle à la matière ; ils s'y sont déterminés pour enchaîner leur imagination & pour reposer leur pensée. Sans doute la nature agissante est sous un voile éternel : mais les premiers effets sortis de ses mains sont pour nous des causes primordiales ; c'est-là que nous devons borner des efforts qui deviendroient inutiles. Nous nous sommes persuadés que l'attraction étoit un de ces effets primitifs , produits par la volonté de l'Être suprême & par la puissance de la nature , & destinés à nous représenter les causes primordiales. Si nous nous trompons, c'est sans aucun danger ; nous examinons des effets particuliers, nous les ramenons à un effet général : que nous importe que cet effet général soit en lui-même une cause ou un effet ? S'il dépend réellement d'une cause mécanique, nous sommes prêts à admettre cette cause, quand on nous la présentera revêtue de toutes ses preuves. Nous avons , dans ce moment, sous les yeux une *Physique du monde* de M. le Baron de Marivetz ; l'auteur y donne l'impulsion pour la cause générale. Comme M. Daniel Bernouilly, il suppose que cette impulsion naît de l'atmosphère solaire & de sa rotation ; avec cette différence que l'illustre Géometre ne lui attribuoit que le mouvement de projection, au lieu que M. de Marivetz attribue à cette cause & à ses modifications locales la tendance même vers le soleil. Tout , dans une pareille hypothèse, dépend de l'accord des conséquences du principe avec les phénomènes :

il ne nous reste pas assez de tems pour en apprécier les preuves; les savans les jugeront. Nous voyons seulement que l'auteur présente ses idées avec clarté & ses objections avec une politesse digne d'éloges. Nous savons que M. le Sage, citoyen de Genève, & correspondant de l'Académie des Sciences de Paris, est occupé, peut-être depuis trente années, à la recherche de cette cause mécanique. Ce tems de trente années ne paroîtra point long, si l'on fait attention à la multitude des faits qu'il faut expliquer, à la difficulté d'imaginer une cause qui puisse tout embrasser; & cette constance n'étonnera point dans un esprit doué d'une grande profondeur, & capable d'un courage égal à l'importance de l'entreprise. Le seul moyen d'applanir les difficultés, de renverser les obstacles, est de les presser de toute la force de notre esprit, & d'employer contr'eux tout le tems que la nature nous donne. Un homme, qui atteint son objet avant de mourir, ne doit point regretter la dépense de sa vie entière. M. le Sage a remporté en 1758 un prix de l'Académie de Rouen sur la cause mécanique des affinités, qui ne sont que les attractions particulières des corps. C'est là qu'il a posé la base de son système; la gravité y naît de l'impulsion. Le mouvement d'un fluide y produit ce grand phénomène; mais ce fluide n'est point semblable à celui de Descartes & de ses imitateurs, dont la marche en tourbillons souffroit les plus fortes difficultés. Celui de M. le Sage se meut en ligne droite: les corpuscules en sont lancés de toutes parts & dans toutes les directions; ils sont doués d'une grande vitesse, ils sont très-petits & séparés par de grands intervalles; capables par conséquent de se croiser sans se nuire, d'agir sur la partie solide des corps, &, au moyen de leurs pores, de les traverser pour aller agir au-delà. Nul obstacle n'arrête ce fluide, comme nul obstacle n'empêche l'attraction; nous ne pouvons en dire

d'avantage sur cet article. Les explications de quelques phénomènes perdroient à paroître isolées; le succès d'un pareil système dépend de la totalité des explications; c'est donc à l'auteur à les présenter en masse. Nous ne devons pas non plus ni applaudir au système, ni élever des objections; nous ne sommes que l'organe du public, & il n'a pu prononcer sur un ouvrage qui n'est pas encore publié. Mais les savans, qui connoissent le but & les efforts de M. le Sage, rendront justice à ses lumières & applaudiront à sa constance; il est naturel même de souhaiter le succès qu'il mérite. Ce seroit une chose bien satisfaisante, que le développement du mécanisme de la gravité. Quoique nous nous reposions dans l'idée qu'elle est une propriété de la matière, cependant l'esprit humain est confondu quand il cherche à se figurer comment cette propriété peut s'exercer, comment les corps célestes, sans agens intermédiaires, sans levier, sans bras, peuvent les uns les autres se saisir, se maîtriser à des distances énormes; & enfin comment cette vertu occulte & prodigieuse, attachée aux corps mêmes, peut se transporter si loin, sans cesser d'y résider.





HISTOIRE

DE

L'ASTRONOMIE MODERNE.

DISCOURS V.

Des Constellations & des Signes du Zodiaque.

RIEN n'est plus imposant que le spectacle du ciel étoilé , rien n'est plus propre à remuer l'imagination & à réveiller des idées de grandeur & d'étendue ! La nuit nous présente une multitude de flambeaux confusément épars sur une voûte apparente ; & tandis que la vue nous attache à ce spectacle , la raison éclairée par les travaux des siècles , brise cette voûte , en rejette l'illusion , & ne voit plus qu'une infinité de corps lumineux placés à des distances énormes , & des mondes semés sans nombre dans des espaces sans bornes. Mais en même tems l'imagination se rappelle que l'homme a classé toutes ces étoiles , y a dessiné des groupes & leur a imposé des noms.

L'ancienne histoire y est écrite , & la fable y est figurée ; les premiers Dieux y conservent un empire. Anciennes erreurs , vérités antiques , tout est écrit dans ce livre ; & l'homme qui fait y lire , retrouve à la fois la grandeur majestueuse de la nature , la mythologie & les débris des cultes , les leçons de la fable & le souvenir de ses premiers ancêtres.

Ces Dieux , si long-tems adorés , leurs aventures , leurs hauts faits , leur généalogie , consignés dans tant de Poèmes , leurs noms tracés dans le ciel , ont inspiré aux hommes la curiosité de pénétrer dans ces récits , de démêler ce qui appartient à la vérité ou à la fiction ; de deviner dans quel tems ont vécu ces personnages , dans quels lieux sont arrivés les faits rendus sacrés par une longue mémoire. Si la durée de la tradition est proportionnée à l'importance des choses , qu'y a-t-il eu de plus important que celles dont le souvenir a résisté aux siècles & aux révolutions qui ont changé plusieurs fois la face de la terre !

Il y a déjà long-tems qu'on a découvert ou soupçonné que ces prétendus Dieux n'étoient que des hommes divinifiés. Depuis , en particularisant cette idée , les uns ont pensé que les noms étant déguisés & les histoires travesties , la fable n'étoit qu'une altération des récits de la Bible ; les autres , sous un autre point de vue , y ont apperçu l'histoire des anciens peuples ; histoire enveloppée des ornemens du merveilleux , & chargée des erreurs de l'ignorance. Quelques modernes n'ont vu dans ces fables que des allégories ; ce sont des emblèmes dont le sens a été méconnu. Jadis , avant l'invention de l'écriture , ou du moins lorsqu'elle n'étoit pas vulgaire , on offroit au peuple des images , on lui parloit par des hiéroglyphes ; c'est ainsi qu'il étoit instruit des saisons , & averti des travaux de l'agriculture. L'intelligence des hiéroglyphes s'est perdue ; on a
cependant

cependant voulu expliquer ce qu'on n'entendoit plus, & les emblèmes figurés ont produit des hommes & des histoires. Deux systèmes modernes & très-ingénieux ont rapporté l'origine des fables, le premier à l'Agriculture, le second à l'Astronomie, ou plutôt à l'une & à l'autre ensemble. Ces deux systèmes n'en font qu'un, puisque le ciel commande à la terre, & que les travaux de la campagne sont réglés par la marche des astres & par l'état du ciel.

L'Astronomie de M. de la Lande renferme l'exposé d'un de ces systèmes, dont l'auteur est M. Dupuis (a). Il appartient à l'histoire de cette science d'en donner une idée, & d'y joindre quelques réflexions. Nous avons remarqué plus d'une fois combien les anciens étoient attentifs aux levers & aux couchers des étoiles, qui leur annonçoient les saisons, & qui dirigeoient les travaux du laboureur. M. Dupuis trouve dans les circonstances de ces levers & de ces couchers l'origine de la plupart des fables & des récits de la mythologie. La succession de ces phénomènes pour le climat de l'Egypte, & dans un tems très-reculé, explique la généalogie & la parenté des personnages, leurs aventures, leurs inclinations, leurs morts, &c. Ce n'est pas ici le lieu de rapporter, & encore moins d'examiner le détail de ces explications. La clef du système, entièrement nouvelle, a une grande vraisemblance. Une constellation se leve à l'orient, la fable lui fait tuer celle qui en même tems se couche à l'occident; deux constellations se levent successivement, l'une est la fille de l'autre. Ces hypothèses séduisantes peuvent renfermer des vérités. Nous ne dirons point si ces explications sont les seules qui soient vraisemblables, si un pareil travail fait pour un autre climat que

(a) Professeur de Rhétorique au Collège de Lisieux.

celui de l'Egypte, n'offriroit pas des idées aussi plausibles dans un ciel rempli d'étoiles, où un nombre de constellations diversement figurées & revêtues d'une multitude de noms, peuvent donner lieu à des allusions peut-être fort différentes; il suffit à ce système d'être ingénieux, il doit faire honneur à son auteur.

Nous rappellerons seulement quelques principes déjà établis dans cette histoire. Le savoir astronomique & connu des Egyptiens se réduit à très-peu de chose. Voici ce que nous en avons dit dans notre premier volume de l'Astronomie ancienne: » nous ne voyons pour eux que la position de leurs pyramides, » qui suppose des méthodes astronomiques; la connoissance » très-ancienne de l'année de $365\frac{1}{4}$, & le vrai mouvement » de Mercure & de Vénus (a). » Mais en leur attribuant ces connoissances, pour ne pas risquer d'être injustes, nous sommes loin de vanter leur science; nous penchons même à en douter, & nous avons élevé à cet égard des préjugés légitimes (b). Nous n'avons point cru à leur savoir sur leur parole, ni sur les exagérations des Grecs. La position des pyramides n'exige pas que les Egyptiens fussent très-savans: l'usage d'orienter les édifices a été presque général dans l'antiquité; & non seulement chez des Nations éclairées, telles que les Chinois & les Brames, mais en Amérique même, & chez les Péruviens. Il n'est pas difficile d'orienter passablement les faces d'un édifice. A l'égard du quart de jour ajouté à l'année, il suppose des observations; mais il n'est pas nécessaire qu'elles aient été ni très-suivies, ni très-précises. On ne peut en aucune façon, comparer l'Astronomie, qui a donné ce quart de jour, avec celle qui a réglé les années sidérales &

(a) Hist. de l'Astron. anc. p. 182. (b) Ibid. p. 166, 181.

fort exactes que l'on retrouve dans l'Asie. Il n'y a donc que le vrai mouvement de Mercure & de Vénus, qui annonce & des observations bien faites, & du savoir astronomique ; mais il n'est point du tout prouvé que cette découverte appartienne à l'Egypte. L'antiquité garde le silence sur les inventeurs ; Macrobe seul a cité les Egyptiens. Ce sont les Grecs qui ont fait la réputation de ce peuple ; mais les Chaldéens & les Orientaux en général ont une supériorité très-marquée sur lui. C'est en Asie qu'on retrouve les grandes & longues périodes, la connoissance exacte des mouvemens du soleil & de la lune, & celle du mouvement des étoiles, la méthode de calculer & de prédire les éclipses, la double division du zodiaque ; enfin tous les monumens d'une Astronomie anciennement cultivée. On ne peut opposer à ces monumens que les éloges des Grecs, disciples qui n'ont pas fait beaucoup d'honneur à leurs maîtres. Cette opinion grecque, long-tems conservée en Europe, n'est qu'une prévention de l'orgueil ou de la reconnoissance ; elle ne peut balancer les faits qui déposent pour l'Asie. On peut croire que les Egyptiens étoient médiocrement instruits en Astronomie ; on est encore plus sûr qu'ils n'étoient point communicatifs. Quand on vouloit participer aux connoissances des Prêtres d'Egypte, il falloit la recommandation, les ordres réitérés des Rois ; Pythagore fut obligé de se soumettre à la circoncision ; encore Pythagore & les autres Grecs, qui voyagerent en Egypte, n'ont-ils presque rien obtenu de ces Prêtres si réservés. Ce mystère bien prouvé rend peu vraisemblable l'instruction générale de l'univers. Comment ces Prêtres, ces peuples si mystérieux, auroient-ils porté ou laissé porter leurs inventions, leurs connoissances dans les pays les plus éloignés, aux Indes, à la Chine, au Japon, & jusques chez les peuples nommés Hyperboréens ? C'est une vérité bien prouvée, que

tous les peuples de la haute antiquité, sauvages & mystérieux, vivoient isolés, & ne se communiquoient rien. Nous sommes partis de cette vérité pour nier toute communication entre ces peuples antiques, du moins toute communication assez libre & assez facile pour avoir de grands effets, & pour établir cette vaste circulation de connoissances, qui est un avantage de l'Europe civilisée, & qui est entièrement nouvelle sur la terre. Nous avons conçu que jadis ces connoissances avoient été transmises par héritage, qu'elles s'étoient propagées avec les colonies; & que sorties de la souche, elles s'étoient étendues & partagées dans les branches des peuples.

On peut même préférer que ce sont plutôt les Egyptiens qui tiennent quelque chose des autres Nations, soit parce qu'ils en sont descendus, soit parce qu'ils ont partagé à la même succession. Scaliger nous a conservé trois sphères, la persienne, l'indienne & la barbarique. Cette sphère barbarique est celle qui est relative au climat de l'Egypte; elle est ainsi nommée, parce que les Grecs regardoient comme barbare tout ce qui étoit étranger à leur climat, à leur langue, à leurs mœurs; & malgré leurs éloges exagérés, ils traitoient souvent de barbare cette Egypte, leur mère & leur institutrice. Ces sphères nous donnent les désignations des constellations connues dans l'Inde, dans la Chaldée & dans l'Egypte; elles peuvent donc être comparées. L'indienne diffère tout-à-fait des deux autres; la persienne a des rapports avec l'Egyptienne. On y retrouve l'Hydre, le Lion, le Chien, le Taureau, la petite & la grande Ourse, la Vierge avec l'Épi. Ces ressemblances ne permettent pas de douter que l'une des sphères n'ait été fabriquée sur l'autre. Mais on trouve dans la sphère barbarique & égyptienne les constellations, revêtues des mêmes noms sous lesquels nous les connoissons aujourd'hui; c'est

Cassiopée, Andromède, Persée, Orion & tous ces personnages de la Mythologie qui vivent dans les fables grecques. Nous regardons comme un principe certain, que lorsqu'on adopte les choses, on adopte en même tems les noms. La communication d'une science est marquée par le passage des mots d'une langue dans une autre; les mots étrangers & naturalisés conduisent à son origine. On voit que nous tenons l'Astronomie des Grecs, parce que le nom & la plupart des anciens termes de cette science sont grecs. Les termes primitifs de la chimie & de la composition mystérieuse de la pierre philosophale, qui tous sont arabes, annoncent que ces sciences, vraies ou prétendues, sont sorties de l'Arabie. Dans la sphère persienne toutes les figures sont sans nom; nous voyons qu'Hercule y est nommé l'*Homme à genoux*, Cassiopée, l'*Homme sur une chaise*, Persée, l'*Homme tenant une tête de femme*, Andromède, la *Femme enchaînée*, Orion, le *Violent* (a). Il est remarquable que nous avons conservé dans nos dénominations celle de l'*Agenouillé* & de la *Femme enchaînée* à Hercule & à Andromède. La sphère la plus simple est la plus ancienne, elle est la sphère originale; l'autre est une copie à laquelle on a ajouté des ornemens. Que ce soient les Grecs, les Egyptiens, ou tout autre peuple, qui par une raison quelconque aient placé dans le ciel les noms de Persée, Hercule, Andromède, &c., il est visible que ces additions, ces ornemens ont été placés sur un fond donné. Si la sphère des Egyptiens eût passé dans la Perse, les constellations y eussent été reçues avec tous leurs noms; les Perses auroient fait comme nous, nous désignons encore les constellations par les noms de ces personnages fabuleux qui ne nous ont jamais intéressé. Les

(a) *Suprà* Tome II, p. 609.

anciennes désignations de l'*Agenouillé* & de la *Femme enchaînée* sont même restées avec les nouvelles, pour attester l'origine de ces institutions, qui est orientale, comme tout ce qu'il y a d'antique sur la terre. Nous ignorons quel est précisément le peuple, qui a imposé ces noms à des constellations marquées auparavant par des figures, & caractérisées seulement par leurs attitudes. Mais il ne faut pas oublier que l'Hercule dont il est ici question, a été Phénicien avant d'être Grec. Le fils d'Alcmène a été formé sur un modèle asiatique ; cet Hercule de Phénicie est le plus ancien, & son nom tient par ses racines & par sa signification aux langues du nord (a).

Quoi qu'il en soit de ces origines, & de l'antériorité d'un peuple sur les autres dans la carrière des sciences, nous ne nous occuperons ici que de la division du zodiaque, de ses douze signes & de ses constellations. M. Dupuis remarque avec Macrobe, que dans les signes du zodiaque, le Capricorne & l'Écrevisse placés aux deux solstices, sont les caractères du mouvement du soleil, qui, arrivé à ces deux points, ou s'élève sans cesse comme la chèvre sauvage, ou revient sur ses pas & à reculons, comme l'écrevisse. Il en est de même de la Balance qui se trouve à l'équinoxe d'automne, & qui peut être le symbole de l'égalité des jours & des nuits. Ces constellations semblent s'avancer le long de l'écliptique, à mesure que l'équinoxe rétrograde ; & à raison d'un degré en 72 ans, les constellations font un chemin de trente degrés en 2160 ans. Elles ne peuvent donc pas rester aux points qu'elles caractérisent dans l'orbite solaire. Ces constellations n'ont été convenablement placées que deux ou trois siècles avant notre ère, & vers le tems d'Hypparque ; depuis cet Astronôme, elles se

(a) *Astronomie ancienne*, pages 80 & 327.

sont avancées, & de manière qu'aujourd'hui le soleil arrive aux équinoxes & aux solstices trente jours avant d'avoir atteint les étoiles du Bélier, de l'Écreviffe, de la Balance, & du Capricorne.

Les signes du zodiaque sont actuellement séparés des constellations : ce sont deux choses distinctes qu'il ne faut pas confondre ; nous demandons qu'on y fasse attention dans la suite de ce discours. Les signes sont des espaces égaux, chacun de trente degrés formant ensemble les 360 degrés du cercle de l'écliptique : ces signes ne sont réellement que les divisions, les douzièmes parties de la course solaire ; ils partagent & l'écliptique, & le tems d'une année que le soleil emploie à la parcourir. Les constellations sont des portions du zodiaque, plus ou moins remplies d'étoiles, & plus ou moins étendues. La nécessité de les assembler en groupes, & d'y dessiner des figures, n'a pas permis de donner à ces constellations des espaces égaux (a) ; mais les douze embrassent le circuit du zodiaque. Pour éviter toute équivoque à cet égard, lorsque

(a) ÉTENDUE DES CONSTELLATIONS.

Suivant Ptolémée, elle commence :		Elle finit :	Son étendue :
Le Bélier	♈ 6° 40'	♈ 19° 10'	12 30
Le Taureau	♉ 26 20	♉ 3 20	27 0
Les Gemeaux	♊ 23 29	♊ 0 40	7 11
L'Écreviffe	♋ 69 10 20	♋ 69 21 10	10 50
Le Lion	♌ 69 18 20	♌ 28 30	40 10
La Vierge	♍ 25 20	♍ 6 40	41 20
La Balance	♎ 17 0	♎ 4 20	16 20
Le Scorpion	♏ 5 40	♏ 1 10	25 30
Le Sagittaire	♐ 4 30	♐ 29 40	25 10
Le Capricorne	♑ 6 10	♑ 26 50	22 40
Le Verseau	♒ 26 30	♒ 29 0	32 30
Les Poissons	♓ 21 40	♓ 29 50	38 10

nous voudrions parler des douze signes égaux qui partagent l'orbite du soleil, nous dirons *les signes de l'écliptique* ; quand nous voudrions désigner les constellations, figurées autour de ce cercle par des amas d'étoiles, nous dirons *les constellations du zodiaque*.

Il est incontestable que la zone du ciel, nommée aujourd'hui le zodiaque, les constellations, les signes de l'écliptique ont été connus bien long-tems avant Hypparque; il y a même assez long-tems pour que les étoiles aient pu s'avancer de quatre-vingt-dix degrés. Il arrivoit donc alors le contraire de ce qui arrive aujourd'hui; le Soleil avoit déjà quitté les étoiles du Bélier, de l'Écrevisse, de la Balance & du Capricorne; lorsqu'il se trouvoit dans les équinoxes & dans les solstices.

Cependant les constellations des solstices ne peuvent appartenir qu'à l'un ou à l'autre de ces points; la Balance ne peut convenir qu'à l'un des deux équinoxes. M. Dupuis a imaginé de remonter d'une demi-révolution, & il a supposé que lors de la première division du zodiaque, l'Écrevisse répondoit au solstice d'hiver, le Capricorne au solstice d'été, & la Balance à l'équinoxe du printems. D'un autre côté, M. Dupuis regarde le Taureau céleste comme l'indice du labourage; il établit avec raison que la Vierge tenant un épi, n'a été placée dans le ciel que pour y marquer le tems de la moisson. Mais au siècle d'Hypparque, le Soleil parcouroit le Taureau pendant le mois de Mai; aucun des peuples connus de l'antiquité ne labouroit alors: cet astre étoit dans la constellation de la Vierge au mois d'Août; & chez tous ces peuples il y avoit déjà long-tems que les récoltes étoient faites. A cette époque de l'année, l'Égypte même étoit couverte par les eaux du Nil. Mais en faisant faire à ces deux signes, comme aux trois autres, une demi-révolution, le Taureau tombe en Novembre,

&

& la Vierge en Mars, qui sont pour l'Egypte la saison du labourage & celle de la moisson. On y laboure, on y sème en Novembre, aussi-tôt que les eaux du Nil sont retirées; on y récolte en Mars ou en Avril. Chez les Grecs & chez les Romains, le blé étoit enseveli neuf à dix mois dans la terre; en Egypte l'intervalle de quatre mois suffisoit à la maturité des grains, parce qu'un soleil ardent fécondoit une terre engraisée & donnoit une grande force à la végétation. Si nous remontons, avec M. Dupuis, à cette haute antiquité où la Balance occupoit l'équinoxe du printems, où le Taureau tomboit en Novembre & la Vierge en Mars, tous les autres signes s'accordent singulièrement avec le climat de l'Egypte, & le système entier présente un ensemble ingénieux & séduisant.

Mais cette transposition des constellations, reportées d'une extrémité du ciel à l'autre, demande un tems énorme! Il faut accumuler les siècles, donner à la race humaine & au souvenir qui fonde la tradition, une durée qui étonne, ou imaginer des dérangemens physiques, qui ne peuvent être admis sans preuves, ou supposés sans une nécessité absolue. Ces hypothèses tiennent à une grande question, celle de l'antiquité de l'Astronomie, & à la détermination du tems où les hommes ont exécuté la division du zodiaque, un de leurs premiers travaux astronomiques. Nous avons déjà traité ces questions; le système de M. Dupuis nous y ramene nécessairement: nous allons en examiner les principes; voici nos observations.

Il n'y a point de doute que les noms des signes de l'écliptique & des constellations du zodiaque n'aient eu jadis un sens; ils ont dû signifier quelque chose. Mais si ce principe est simple & vrai, cette signification primitive n'en est pas plus facile à deviner. On apperçoit encore que ces constellations, ou ces signes ramenés chaque année dans le même ordre & à

la suite les uns des autres, ont dû recevoir des noms relatifs & à l'année & à ses différentes époques. Mais le tems qui appartient à l'espece, & qui s'écoule également pour tous les individus, l'année qui offre indifféremment ses saisons aux hommes de tous les climats, de tous les âges & de tous les rangs, ramene-t-elle les mêmes intérêts & les mêmes pensées? Le riche trouve une succession de plaisirs variés dans le cours de l'année, où l'homme rustique ne voit qu'une succession de travaux différens. Lorsque les peuples étoient plus simples, lorsque les mêmes occupations appartenoient à tous les individus, ces occupations déterminoient les intérêts & les pensées; elles ont pu régler également les dénominations zodiacales. Si chacun de ces peuples y eût tracé ses idées, on pourroit y lire des choses fort différentes. Peut-être même routes les figures inscrites sur la voûte céleste, ne sont-elles pas du même tems; elles peuvent appartenir à des époques successives, avoir été inventées par des vues différentes, & être l'ouvrage des peuples qui sont venus, les uns après les autres, ajouter des idées nouvelles à des idées antiques. Nous ne voyons pas qu'on puisse établir en principe que ces signes indicateurs, tant du mouvement du soleil que des travaux de la campagne, ont été placés ensemble & par un seul dessein dans le zodiaque. Ici le dessein n'est pas unique; on reconnoît deux vues qu'on peut distinguer. L'une est la considération des circonstances du mouvement solaire; l'autre est celle de son influence sur l'agriculture. Voilà une science & un art; il faut que le peuple instituteur ait été à la fois agriculteur & savant. S'il a commencé par être seulement agriculteur, comme on doit le supposer, l'unité de dessein n'y est plus, & on ne peut présumer celle d'institution; d'ailleurs les peuples cultivateurs n'ont pas toujours existé. Ces peuples, sans doute,

ont transporté dans le ciel les objets de leurs occupations domestiques ; ils ont pu y marquer les époques de leurs travaux & celles de leurs espérances. Mais on ne peut douter que les premiers hommes n'aient été d'abord chasseurs , ensuite pasteurs. On a commencé par poursuivre les animaux sauvages , pour se nourrir de leur chair : on a imaginé de les prendre , de les garder vivans , pour avoir une nourriture de réserve ; enfin de les faire multiplier , pour augmenter les moyens de subsistance. C'est dans cette seconde époque de la société que l'Astronomie a pris naissance ; on convient généralement qu'elle est due au loisir des bergers. On a classé , nommé les objets , ou du moins quelques-uns des objets qu'on avoit toutes les nuits sous les yeux : l'Astronomie a donc précédé l'agriculture ; elle s'est étendue avec cet art de première nécessité , elle est devenue plus importante , en devenant utile. Mais certainement il y avoit des constellations reconnues & des étoiles nommées avant qu'on eût labouré la terre ; & ces étoiles avoient été désignées ou par des chasseurs qui ne connoissoient l'automne que comme le tems des chasses & des pluies , ou par des bergers qui célèbrent le printems comme la saison de l'herbe fraîche , & de la génération , qui renouvelle leurs troupeaux. Il seroit donc possible que le zodiaque renfermât des vestiges de ces trois états successifs de la race humaine. Le respect des peuples a pu placer également , au milieu des flambeaux de la nuit , à la vue de toute la terre , les objets de leur vénération & de leur culte , les héros de leur histoire , & les Dieux de leur croyance. Les signes , qui indiquent ou les intempéries des saisons , ou le labourage & les récoltes , ont été introduits dans le zodiaque , lorsque les animaux tués à la chasse , ou nourris dans la domesticité , n'ont plus suffi à l'espèce humaine multipliée ; lorsqu'on a ouvert le sein de la terre , & observé

le ciel qui la rend féconde ; enfin lorsqu'il y a eu des peuples agriculteurs. C'est peut-être pour mettre la dernière main à cet ouvrage , qu'un peuple agriculteur & Astronôme a établi les signes qui répondent aux équinoxes & aux solstices , pour caractériser ces termes de la course solaire. Nous ne prétendons ni choisir entre ces motifs , ni en garantir aucun ; nous pensons que toutes ces causes peuvent avoir concouru. Le sort des institutions humaines est d'être ou détruites , ou changées par le tems. Ce qui nous reste de l'antiquité a essuyé les altérations d'une longue suite de siècles ; les conjectures que nous proposons , ne sont que des vues philosophiques. On peut dire sur ces origines bien des choses vraisemblables & différentes. Cependant les traces de toutes ces causes , de tous ces motifs , pourroient subsister encore dans notre zodiaque actuel. Le Sagittaire appartiendrait à la chasse , les Poissons à la pêche , qui est une occupation du même genre , & sans doute de la même date dans l'antiquité. Le Bélier , le Taureau , les Gémeaux , qui jadis étoient deux chevreaux , seroient dûs à la vie pastorale. Le Taureau pourroit être aussi un signe religieux ; le Bœuf & la Vache ont eu les respects de l'Egypte & de l'Inde , & un culte presque universel dans l'ancien monde. Le Scorpion marqueroit les maladies d'automne , le Verseau les pluies , la Vierge la moisson. L'Ecrevisse , la Balance , le Capricorne caractériseroient le mouvement du Soleil ; & le Lion la violence de ses feux dans le solstice d'été ; si l'on ne veut pas regarder ce signe , comme une image de l'ancienne guerre que les hommes ont faite aux animaux féroces.

Incertains , au milieu de ces origines , qui nous dit que le Taureau a été placé dans le ciel pour annoncer le labourage ? Le bœuf Apis avoit des autels en Egypte ; mais comment savons-nous que les autels qu'il va obtenus sont dûs à cette

espece d'utilité? Nous verrons qu'il est en effet des peuples, qui ont désigné quelques-unes de leurs constellations par les instrumens du labourage : ils ont dû choisir des étoiles qui pouvoient en indiquer la saison ; mais l'intention est bien marquée. On y voit la Charrue, on voit le Laboureur conduire ses bœufs attelés. Ici dans notre zodiaque, le Taureau est seul ; il n'est point sous le joug, il n'est point conduit par l'homme, il est libre comme dans les prairies. Les labours sont sans doute l'opération première & essentielle de l'agriculture dans certains climats ; le bœuf docile au joug, est en conséquence utile à l'homme. Mais cette utilité, dans les pays où elle est le mieux sentie, n'a point produit cette reconnoissance. Le taureau n'a point d'honneurs à la Chine, & cependant l'agriculture y a toujours été honorée plus qu'ailleurs ; pourquoi en a-t-il obtenu en Egypte, où le labourage est facile & souvent négligé ? *Les uns, dit Diodore de Sicile, se contentent de semer leur champ, lorsqu'il commence à se dessécher ; les autres remuent la terre encore humide avec une légère charrue(a).* Si les taureaux d'Egypte ont été mis jamais sous le joug pour traîner le soc & ouvrir la terre, on voit que leur peine n'étoit pas grande ; ce léger service n'a dû exciter qu'une foible reconnoissance. Dans les beaux climats, le genre humain, toujours prévenu, a toujours été ingrat, il s'accoutume aux profusions de la nature ; c'est dans les pays âpres & difficiles, où elle donne peu, où le travail fait tout, que les hommes sont reconnoissans. Le culte du bœuf en Egypte doit avoir la même origine que celui de la vache dans l'Inde, au Thibet & chez quelques peuples Tartares. Le bœuf domestique appartient aux peuples pasteurs comme aux peuples agriculteurs. On trouve au commencement du zodiaque le

(a) Diodore, Livre I.

Bélier, le Taureau, les Chevreux, ce sont les trois espèces dont l'homme a d'abord formé des troupeaux (a). Nous voyons dans ces trois signes célestes un reste de la vie patriarchale, & un sentiment des peuples pasteurs. Le lait a été leur premier aliment, la vache, qui fut long-tems la nourrice du genre humain, a droit à la reconnoissance des hommes. Les Scythes adoroient la terre qui produit & nourrit tout; ils la nommoient *Apiâ*. Les Egyptiens, dans leurs hyéroglyphes la peignirent sous l'emblème d'une vache; c'est de là peut-être que le bœuf Apis a tiré & son nom & son culte. Ce culte pourroit donc être originaire de Scythie plutôt que de l'Egypte. La vache a reçu les respects de l'Asie, & on a placé dans le zodiaque le mâle de l'espèce, qui alimentoit les peuples simples & grossiers, les peuples Nomades, comme ils l'ont tous été dans les premiers tems. Ces différentes suppositions peuvent être appréciées, comme on voudra; elles seront arbitraires & indifférentes tant qu'on n'en tirera point de conséquences. Mais ces conséquences resteront sans preuves, comme les suppositions mêmes. Ce n'est donc pas un motif suffisant pour rejeter à des siècles infiniment éloignés la division primitive du zodiaque.

Mais ce n'est pas tout. Le Taureau étant regardé comme l'indice du labourage, si l'on ne trouve que quatre mois d'intervalle entre ce signe & la Vierge tenant un épi, qui est l'annonce de la moisson; si ce signe du Taureau répond au mois de Mai, quoique dans la plupart des contrées de l'Europe & de l'Asie, le blé reste neuf à dix mois en terre, & que les grands labours s'y fassent au mois de Novembre, & après l'équinoxe d'automne, il n'y a cependant pas de nécessité de

(a) Le Bélier porte le nom de *Dux gregis*, & le Taureau celui de *Princeps armenti*. M. de

la Lande, Astr. Tome I, p. 251, 252. Ces noms portent avec eux leurs motifs.

renronter au tems où le Taureau pouvoit répondre au mois de Novembre , ni d'en placer l'institution en Egypte. Dans les contrées septentrionales de l'Europe , où le froid regne pendant la plus grande partie de l'année , toutes les opérations de la culture sont resserrées dans un court intervalle. Dans la Laponie , on sème & on recueille en neuf semaines au plus ; dans le midi de la Suede , on moissonne quinze semaines après avoir ensencé. Cette disposition du zodiaque répondroit donc au climat de la Suede. Il y a quatre mois entre le signe du Taureau & celui de la Vierge ; le Taureau se trouve au tems des labours qui doivent s'y faire au printems , lorsque le ciel a fondu les glaces & amolli la terre pour la disposer à la culture. On pourroit donc conclure que le zodiaque a été divisé sous le climat de la Suede méridionale , sous le parallèle de cinquante-cinq à soixante degrés plutôt que dans la haute Egypte , & vers le tropique. Nous concluons seulement que rien ne nous démontre que le Taureau céleste soit celui de la charrue ; & quand cela seroit démontré , nous voyons qu'il est sur le globe des climats , qui donnent quatre mois entre les semailles & la récolte , comme le zodiaque quatre signes entre le Taureau & la Vierge , des climats où les grands labours se font au printems. Cette disposition ne prouve donc rien , ni pour le lieu , ni pour le tems où la division primitive a été exécutée.

La disposition , qui transporte la Balance à l'équinoxe du printems , n'est ni plus nécessaire , ni plus légitime ; elle nous semble contredite par les faits de l'antiquité. Nous allons entrer dans quelques détails à cet égard. M. Dupuis a pu partir d'un principe que nous avons établi au commencement de cette histoire ; sa supposition est semblable à la nôtre : mais en donnant trop d'étendue à ses conséquences , il est sorti des

bornes que nous nous sommes prescrites. Il n'y a point de doute que le premier partage de l'année & du mouvement du soleil n'ait été en deux parties. Le tems où cet astre cesse de monter vers le nord, celui où il cesse de descendre vers le midi, voilà deux époques remarquables dans l'année, & une division naturelle de la course solaire. Le moment des équinoxes, l'observation de l'égalité des jours & des nuits a fourni une nouvelle division en quatre parties. Celle en douze signes n'est qu'une subdivision de celle-ci, un partage de chaque quart du cercle en trois parties; enfin chacune de ces parties a encore été divisée en trois portions, chacune de dix degrés. Cette hypothèse, déjà très-naturelle par elle-même, est autorisée par la tradition. Celles de l'Asie portent qu'on divisa d'abord le zodiaque par les solstices & les équinoxes, & que ces quatre parties, trop étendues, ont été subdivisées, chacune en trois (a). Les Egyptiens attribuoient à Hermès plusieurs divisions successives en deux, en quatre, en douze & en trente-six parties. Mais lorsqu'on a subdivisé les intervalles des équinoxes & des solstices en trois parties, si on y a dessiné douze constellations, chaque équinoxe & chaque solstice a dû nécessairement répondre au commencement d'une constellation; voilà notre principe. En conséquence, comme Eudoxe nous a laissé une description de la sphère, telle qu'elle étoit quatorze ou quinze cents ans avant notre ère, nous avons remarqué que les points cardinaux y répondoient au quinzième degré des constellations du Bélier, de l'Ecrevisse, de la Balance & du Capricorne. Nous avons dit, conformément au principe que nous venons d'établir : les étoiles, les constellations ont changé de place depuis la division primitive; elles ont avancé

(a) *Albatagnius, de Scientiâ Stellarum, C. 2.*

au moins de quinze degrés : en sorte que jadis, & environ deux mille cinq cens ans avant notre ère, les points cardinaux ont dû se trouver au dernier degré du Bélier, de l'Ecrevisse, de la Balance & du Capricorne (a). Cette conclusion étoit incontestable, c'étoit la première preuve positive qu'on eût encore donnée de cette grande antiquité de la division du zodiaque. C'est alors que le Soleil arrivant au Taureau, commençoit le printems, ramenoit la végétation, & a donné cours à la tradition que le Taureau ouvroit l'année.

*Candidus auratis aperit cum cornibus annum
Taurus.*

Mithra, emblème du Soleil, étoit toujours chez les Perles représenté par un Taureau ; il avoit sans doute quelque rapport au Taureau équinoxial. Jablonski pense que Jupiter Ammon, révééré sous la forme d'un homme avec des cornes de bélier, étoit le symbole du soleil dans l'équinoxe du printems ; mais Hercule étoit aussi le symbole du Soleil dans le même équinoxe (b). Ces deux symboles différens ne semblent-ils pas relatifs au changement de l'équinoxe ? Le bélier étoit adoré dans la ville d'Ammon, comme le bœuf dans Memphis. Les Egyptiens révéroient le bœuf Apis en mémoire du Taureau céleste (c). Ces deux cultes du taureau & du bélier vivans avoient sans doute la même source. La translation de l'équinoxe peut être marquée dans une fête des Egyptiens, où selon Hérodote (d), on amenoit la statue d'Hercule à celle de Jupiter

(a) La première étoile du Bélier a été dans l'équinoxe du printems, 373 ans avant notre ère ; & lorsqu'elle en étoit éloignée de quinze degrés, l'équinoxe répondoit au quinzième degré de la constellation, 1447 ans avant notre ère. L'équinoxe a dû répondre au dernier degré, 2518 ans avant la même époque.

(b) Histoire de l'Astronomie ancienne, p. 316.

Jablonski *Pantheon Egyp. Proleg.* p. 84, & C. 2 & 3.

(c) Lucien, *de Astrologia*.

Bannier, *Mythologie*, Tome I, page 512.

(d) Hérodote, *Lib. II.*

Ammon, couverte d'une peau de béliér. Cela ne semble-t-il pas signifier que l'équinoxe, représenté d'abord par Hercule, l'étoit alors par Jupiter Ammon, & avoit passé du Taureau dans le Bélier. Nous observerons seulement, en citant ces faits, qu'ils ne prouvent pas que l'institution de ces usages soit égyptienne; nous avons encore des usages & des fêtes, des commémorations dont l'origine est également éloignée de nous, & pour le tems & pour le lieu, & dont les motifs sont presque ensevelis sous les siècles. On ne peut appercevoir ici que la trace du changement de l'équinoxe: on la trouve encore dans l'usage des Persans, qui nomment par les lettres de leur alphabet les douze signes de l'écliptique; la première, la lettre A désigne le Taureau (a). Il paroît donc bien prouvé que l'équinoxe a commencé jadis ce signe.

Nous avons été plus loin: nous avons vu qu'avant cette époque de 2500 ans & plus de 3000 ans avant notre ère, les livres anciens, les traditions parlent des Pléiades, des constellations & des signes de l'écliptique; nous avons présumé que la division primitive du zodiaque devoit être reculée de plus de vingt siècles, & attribuée au tems où l'équinoxe du printems répondoit au premier degré des Gémeaux. Le premier déplacement est une conclusion astronomique, le second n'étoit qu'une conjecture: en la formant, nous n'avons eu aucun égard aux signes caractéristiques du mouvement du soleil, c'est-à-dire, à l'Ecrevisse, au Capricorne & à la Balance, & voici pourquoi. C'est que nous ignorons quand ces caractères ont été introduits dans le zodiaque. Nous aurions pu tirer des conclusions pour une époque où ils n'existoient pas. La division d'un cercle, d'abord en quatre parties, ensuite en douze est

(a) Chardin, Tome V, p. 84.

mathématique ; la conséquence , qu'on a dû faire accorder ces deux divisions , est naturelle : mais les noms qu'on a donnés à ces parties sont arbitraires ; ils ont dépendu de la fantaisie des peuples. On a pu songer à la chasse , aux pâturages , aux labours & aux récoltes. On a pu aussi désigner le mouvement du Soleil : ces idées ont été successives ; il est difficile & d'en reconnoître les institutions , & de leur assigner à chacune leur tems. La signification particulière des signes caractéristiques du mouvement du Soleil est douteuse , du moins pour le Capricorne & pour la Balance. C'est une allusion bien légère , bien incertaine , que celle de l'allure de la chevre , qui monte toujours en broutant , avec le Soleil s'élevant du solstice d'hiver ; ou de cette même chevre , qui se plaît sur la cime des hauteurs , comparée au Soleil du solstice d'été , dominant au faite du ciel & dardant à plomb ses rayons sur nos têtes. La chevre peut être là seulement comme une espece de nos utiles troupeaux. L'allusion de la Balance n'est pas plus sûre : c'est un instrument du commerce , c'est un attribut de la Justice ; cette constellation suit la Vierge , nommée aussi *Astrée* , *Themis* , & la Balance peut être son symbole. Comment donc , avec ces incertitudes , établir des conclusions exactes ? D'ailleurs les constellations n'ont aucun rapport aux objets & aux noms qui les désignent. Il est possible que lorsque l'Astronomie a passé d'un peuple à un autre , ces noms aient été confondus. On pourroit croire que les assemblages d'étoiles , nommés aujourd'hui le Lion ou le Sagittaire , étoient jadis l'Ecrevisse ou la Balance. Les signes seroient restés aux places où ils doivent demeurer , les noms seuls auroient été transposés. On ne peut douter que les constellations n'aient subi des changemens ; Ptolémée dit expressément qu'il s'en est permis , à l'exemple de ses prédécesseurs. Comment donc affirmer que les noms actuels des constellations

sont ceux qu'elles portoient jadis. Le doute à cet égard est très-légitime; nous en aurons bientôt des preuves.

Nous avons voulu nous assurer de ces changemens, & nous en avons cherché la trace dans l'antiquité. Nous sommes partis du zodiaque de Ptolémée. On peut démontrer que les Grecs d'Alexandrie n'ont rien emprunté des Egyptiens, ils tenoient tout des Chaldéens; l'Astronomie qu'ils nous ont transmise a pour base l'Astronomie chaldéenne. C'est donc de Babylone que nous viennent & les constellations & leurs noms; nous pouvons avancer cette assertion, sans pouvoir dire si tous ces noms ont été changés, & en quel tems ils l'ont été. Nous établirons quelques conjectures sur la sphère persienne. Les Perses étoient assez voisins des Chaldéens pour laisser appercevoir certains rapports dans leurs connoissances réciproques; les Indiens doivent aussi en avoir avec eux, & les sphères respectives se tenir par quelques points de ressemblance.

Nous commencerons notre examen par la sphère indienne (a) qui diffère beaucoup & de la sphère persienne & de la nôtre: on n'y trouve point les constellations du zodiaque; à peine y a-t-il deux ou trois figures qui puissent y faire quelque allusion. On y voit un homme avec une tête de bélier, dont la femme est semblable à un taureau. Si ce sont là les constellations du Bélier & du Taureau, on doit convenir qu'elles ont été bien changées: cependant on trouve ici une indication du labourage; cet homme est *infatigable*, il est agriculteur, & il conduit des bœufs pour *labourer* & pour *semer*. On peut observer

(a) Nous remarquerons que la première constellation de cette sphère sous le Bélier, est un Chien. M. le Gentil nous apprend que le premier des douze signes

porte chez les Indiens le nom de *Chien marin*. Le Bélier & le Mouton sont inconnus dans le pays. Voyez son voyage, Tome I, p. 247 & 315.

qu'immédiatement après les Indiens placent un petit veau , qui pourroit indiquer la saison de la reproduction de l'espece. On trouve sous le signe du Lion un homme irrité comme un lion , couvert d'un manteau semblable à la peau de cet animal , & tenant un arc dans sa main. Cette figure pourroit avoir produit l'Hercule avec son arc, sa peau de lion, & l'animal lui-même, qui depuis a représenté par sa furie la violence des feux du soleil au solstice d'été. On y trouve la Vierge, mais non avec l'épi, caractère de la moisson. Sous la Balance on remarque une constellation qui a un grand rapport avec la balance même : c'est un homme établi dans un marché , & dans son comptoir ; il tient dans sa main une balance ou une romaine *pour acheter ou pour vendre*. Si cette figure est placée si à propos auprès de l'équinoxe, il faut faire attention que presque à l'opposite, & sous le signe des Gémeaux , on trouve un autre homme qui porte le poids d'une romaine. Ce double emploi ôte à ces figures toute leur signification. On peut dire encore que la signification même est rendue incertaine, par cette circonstance que l'homme tient la balance *pour acheter & pour vendre* ; l'emblème paroît changer d'objet. Qui nous dit qu'on n'a pas voulu marquer le tems du commerce & des foires, dont l'usage peut remonter à une grande antiquité , puisque les peuples les moins civilisés ont encore des rendez-vous convenus dans certains lieux , dans certains tems de l'année , où ils se joignent & se rassemblent pour leurs échanges. Quand on est devenu savant , un emblème a succédé à un autre , en conservant la même figure ; & la balance, qui pesoit les intérêts respectifs des hommes, est devenue la Balance céleste , qui égalise les jours avec les nuits. On y trouve un homme qui tient un arc & des fleches , & on diroit que c'est le Sagittaire, si on ne voyoit pas dans six

endroits (a) différens , d'autres hommes armés d'arcs & de fleches. Parmi ces hommes disposés à la chasse ou à la guerre, répandus dans presque toute l'étendue du zodiaque, on ne sauroit deviner quel est le Sagittaire. Ce symbole, précisément parce qu'il est répété partout, ne signifie plus rien, & n'a nul trait à la constellation qui porte aujourd'hui ce nom. On peut y remarquer un poisson ; mais on n'y trouve nulle trace des Gémeaux, de l'Ecrevisse, du Scorpion, du capricorne & du Verseau. Parmi les autres constellations plusieurs sont douteuses : ce qu'on y peut voir de plus clair se réduit à cette figure armée d'un arc & revêtue de la peau d'un lion, qui a pu servir de modèle aux peintures d'Hercule, à cette balance placée près de l'équinoxe d'automne, mais avec une signification équivoque, & surtout à l'homme qui conduit des bœufs pour labourer la terre, indication précise du labourage. La Vierge qui vient trois mois & demi, ou trois signes & demi après lui, quoiqu'elle ne porte point d'épi, peut être là cependant comme une moissonneuse. Ces deux indications seroient donc déjà dans cette sphère très-ancienne : mais il est remarquable que ces indications sont séparées par le même intervalle qui existe encore dans notre zodiaque ; en laissant ce zodiaque dans son état actuel, elles ne peuvent appartenir qu'au pays du nord, il faut le renverser, pour qu'elles viennent à l'Egypte.

Si nous passons à la sphère persienne, & que nous la parcourions, comme celle-ci, en commençant à l'équinoxe du printems, on trouve d'abord sous le Bélier la figure d'un Taureau ; ce qui peut indiquer que cette sphère a été réglée

(a) Au second décan des Gémeaux, c'est-à-dire, entre le 10° & le 20° degré ; au 3° ;

au 2° du Lion ; au 3° de la Balance ; au 1° du Sagittaire ; au 2° du Verseau.

lorsque l'équinoxe tomboit au premier degré du Taureau. Sous la fin de ce signe, on voit deux chars sur chacun desquels est un Agneau ; voilà les Gémeaux , & le tems du renouvellement de l'espece. L'Ecrevisse n'y est pas ; mais on rencontre sous ce signe & sous celui du Lion , les deux Anes , le boréal & l'austral , qui sont encore les noms donnés dans nos Catalogues à deux étoiles de l'Ecrevisse. Cependant il faut remarquer 1°. que les constellations de ces deux Anes ont une étendue de plus de quarante degrés , depuis le dixieme degré de l'Ecrevisse jusqu'au vingtieme du Lion ; & les deux étoiles ne sont pas éloignées entr'elles d'un degré. 2°. Que la constellation désignée par l'An austral finissant au vingtieme degré du Lion , n'a rien de commun avec l'étoile aujourd'hui désignée sous ce nom , puisque cette étoile répond actuellement , à peu-près , au cinquieme degré du Lion. Au lieu d'avoir eu une marche progressive , depuis l'établissement de cette sphère déjà ancienne , elle auroit rétrogradé de quinze degrés ; ce qui est impossible. Ce fait prouve qu'il y avoit là une constellation qui a été détruite ; voilà l'exemple d'un changement notable. En avançant , on rencontre sous le Lion une couple de fleches , qui sont trop éloignées du Sagittaire pour y faire aucune allusion. La Vierge tenant deux épis , y est parfaitement caractérisée comme dans notre zodiaque , à la même place ; elle est , sous le signe qui porte son nom , différente en cela du Taureau , qui , comme nous venons de le voir , est sous le Bélier. Il y a donc plus de distance entre ces deux constellations de la Vierge & du Taureau dans la sphère persienne que dans la nôtre ; c'est un arrangement & une succession différente. On trouve à la suite de la Vierge , & immédiatement après elle , une de ces poutres armées d'un soc , qui servoient à ouvrir la terre , & qui ont été les premières charrues. Ce seroit donc encore une

annonce du labourage ; ce second symbole , entièrement déplacé , pourroit faire douter de la signification du premier. En aucun lieu , on n'a pu labourer aussi-tôt après la moisson ; la nature à partout prescrit un tems de repos & pour les hommes & pour la terre. Le Lion vient ensuite , & on voit qu'il est ici transposé ; dans notre ciel il précède la Vierge. C'est encore un exemple d'un changement réel & sensible. Sous la Balance , on trouve un homme qui tient une balance ; cette constellation , comme celle de la Vierge , est précisément à la place qu'elle avoit au tems d'Hypparque , tandis que le Taureau est moins avancé de trente degrés. Au lieu du Scorpion , on trouve encore un Taureau. Sous le Sagittaire on trouve une Chevre , & si c'est le Capricorne , il n'est pas à sa place , comme la Vierge & la Balance ; il est moins avancé d'un signe , comme le Taureau. Ainsi il y a des choses qui peignent l'état du ciel deux mille cinq cens ans avant notre ère , & d'autres choses qui appartiendroient au quatrieme siecle avant la même époque. Sous le Sagittaire finit la constellation du Lion , avec une étendue de plus de quatre-vingt-dix degrés. Cette étrange constellation passoit par-dessus toutes celles que nous venons de décrire : c'est-à-dire , la Balance , le second Taureau & la Chevre ; toutes ces constellations ne pouvoient pas être à la fois dans le zodiaque , & si elles se levoient ensemble , quelques-unes devoient être extra-zodiacales. Sous le Capricorne on trouve un Poisson , comme dans le zodiaque indien de M. le Gentil. Le signe caractéristique de l'ascension du Soleil , le Capricorne manque ici au solstice d'hiver , comme l'Ecrevisse au solstice d'été, Nous proposerons même à cet égard une conjecture ; nous avons donné dans l'Histoire de l'Astronomie la gravure d'un zodiaque indien , où le Capricorne est représenté par une Chevre avec un Poisson. Dans celui

celui que nous examinons maintenant, on voit un Poisson au solstice, & auparavant une Chevre moins avancée de trente degrés; ne pourroit-on pas dire que lorsque la Chevre, par le mouvement des étoiles, a pris la place du Poisson, on a uni ensemble le symbole passé au symbole présent du solstice, & la Chevre a été jointe au Poisson. Enfin sous les Poissons, on trouve un fleuve, qui peut représenter le Verseau, & un autre Poisson; ce qui pourroit encore faire naître une conjecture semblable. On diroit que le Verseau a été placé au même lieu que les poissons, lorsque la première de ces constellations a pris la place de la seconde. Nous avons donc reconnu ici, ou par leurs places, ou par leurs ressemblances, neuf de nos signes, le Taureau, les Gémeaux, les deux Anes de l'Ecrevisse, la Vierge, le Lion, la Balance, la Chevre ou le Capricorne, le Verseau, les Poissons; mais le Bélier, le Scorpion & le Sagittaire ne s'y trouvent pas.

Si nous comparons ces deux sphères entr'elles, & avec la nôtre, nous pouvons y reconnoître le progrès des choses; on voit, ce semble, les institutions se succéder & se perfectionner. La sphère indienne paroît la plus antique; les figures n'y ont point de nom. Si elles sont destinées à signifier quelque chose, les significations sont multipliées, & toujours un peu vagues, comme elles doivent être dans les premiers commencemens. Il faut avoir beaucoup observé pour connoître les limitations, pour saisir les nuances distinctives; c'est l'expérience qui donne la précision du langage & du style. Cette sphère n'est pourtant pas la première, ce n'est point la sphère des pasteurs; elle ne contiendrait que des noms d'animaux. Les douze animaux de la période de douze ans pourroient être ce zodiaque primitif.

Les Japonois, qui tiennent tout de la Chine antique,

désignent les douze signes par les noms de ces animaux (a). Si c'est un usage ancien de la Chine, il peut remonter bien près de la source des choses; on voit d'ailleurs que nous ne supposons qu'un usage établi. Cette période est celle de la révolution de Jupiter. Il reste une année dans chaque constellation; les noms de ces constellations ont pu passer aux douze années, ou les noms des années aux constellations. Une preuve encore de cette possibilité, c'est que les figures de ces douze animaux sont associées aux figures connues des douze signes dans un planisphère trouvé à Rome (b). Il est donc très-possible que ces douze animaux soient le zodiaque primitif des bergers. La sphère indienne est déjà celle des peuples agriculteurs : le labourage y est précisément indiqué; la Vierge moissonneuse peut y être également supposée. Le labourage s'y fait au printems, lorsque le soleil passe dans l'hémisphère du nord : c'est le tems où on laboure sous la latitude de cinquante à soixante degrés; & la récolte a lieu trois mois & demi après les semailles, comme dans ces contrées septentrionales. La balance est dans cette sphère, mais avec une signification incertaine.

La sphère persienne a un air encore moins antique; elle est moins reculée dans les tems & se rapproche de la nôtre par plus de ressemblances. On y trouve, à peu-près neuf de nos constellations zodiacales; on apperçoit les sources où ont dû puiser ceux qui ont ordonné le zodiaque comme il est aujourd'hui. Mais on ne sauroit disconvenir qu'il n'y ait dans cette sphère persienne une très-grande confusion. Il est des constellations d'une grandeur démesurée, telles que le

(a) Hist. gén. des voy. in-12, T. XL, p. 115.
Hist. Astron. anc. p. 493.

(b) Histoire de l'Astronomie ancienne.
p. 504.

Lion , qui embrasse près de quatre-vingt-dix degrés , & qui , s'il existoit alors dans le zodiaque avec les autres constellations , auroit enjambé par-dessus elles. Il y a défaut d'époque dans leur disposition : les unes sont placées comme elles devoient être trois à quatre cents ans avant notre ère , au tems de la fondation de l'École d'Alexandrie ; les autres , comme elles , l'ont été à une époque plus éloignée de deux mille ans. Il y a transposition dans ces constellations ; le Lion est placé après la Vierge. Cette transposition du Lion & de la Vierge , que nous montre le planisphère persien , est encore indiquée par un autre fait. Une tradition rapporte qu'Hermès dix-neuf cent quatre-vingt-cinq ans avant Ptolémée , dix-huit cent quarante-six ans avant notre ère , trouva l'étoile qui est appelée le Cœur de l'Hydre au septieme degré du Lion. Au tems d'Hypparque , les étoiles étoient plus avancées de vingt-trois degrés ; celle-ci lui parut placée au premier degré du Lion (a). C'est une preuve que le Lion avoit été substitué à la Vierge. Lorsqu'on eût échangé les places , l'étoile se retrouva encore dans la constellation du Lion , quoiqu'elle eût avancé de vingt-trois degrés , & qu'elle eût dû atteindre le premier degré de la Vierge. Les constellations ont donc souffert des transformations considérables , les unes parce que les noms & les places ont été transposés ; les autres parce que les groupes d'étoiles ont été autrement arrangés. En voici un exemple remarquable : Hercule est une de nos constellations ; nous avons dit que chez les persans elle est appelée l'*Agénouillé* , & que ce nom *ingeniculatus* , est encore un de ceux qu'elle conserve aujourd'hui. Cette constellation se trouve

(a) *August. Riccius . Tract. de octavâ spherâ* , pag. 23.

effectivement dans la sphère persienne ; mais elle y est rapportée aux Poissons. Hercule en est très-éloigné ; il est déjà au milieu du ciel , lorsque les Poissons se lèvent. Il est donc évident que la constellation que nous nommons Hercule , n'est pas le même assemblage d'étoiles que les Persans nommoient l'Agenouillé.

Sans doute ces trois sphères suffissent pour nous montrer le chemin que les anciens ont suivi. On retrouve la succession des choses & des idées : ces sphères ont une filiation marquée ; il semble qu'on les voye naître les unes des autres. Mais il est impossible de tirer de leur disposition , & du lieu comme de l'arrangement des constellations , aucune conclusion certaine. On peut appercevoir que tout a été confondu & rétabli , refait plusieurs fois : les sciences n'ont rien à tirer de ce désordre ; s'il peut permettre quelques conjectures , il faut que ces conjectures soient appuyées par des faits évidens. Mais , ce qui est très-remarquable , c'est que ces deux sphères n'offrent point les signes caractéristiques du mouvement du Soleil. La Balance n'y paroît qu'avec une signification équivoque ; la Chevre s'y rencontre , elle peut être placée , comme elle a dû l'être , pour marquer le solstice d'hiver deux mille cinq cens ans avant notre ère : mais l'Ecrevisse n'y est pas ; l'Ecrevisse , qui par sa marche rétrograde est le symbole le plus expressif du solstice. L'Ane boréal & l'Ane austral la représentent comme constellation , & non comme symbole. L'écrevisse , par son absence , démontre que les deux autres constellations n'étoient point relatives au mouvement du Soleil. Car il est évident que dès qu'on a voulu peindre ce mouvement , les trois caractères ont dû être placés à la fois ; & quand on accorderoit que ces caractères ont été placés successivement , on donneroit une preuve de

plus que les constellations du zodiaque sont un ouvrage achevé à plusieurs reprises , & il n'y auroit plus de rapport certain entre les constellations & la marche du Soleil.

Dans nos conjectures sur l'antiquité de la division du zodiaque , nous n'avons donc point eu égard aux signes caractéristiques du mouvement du soleil , parce que leur signification nous a paru trop douteuse , & le tems de leur institution , ou du moins de leur application aux constellations , trop incertain ; cependant ces signes eux-mêmes sont très-anciens. Nos doutes , nos réflexions & les faits antiques nous ont fourni la solution de cette difficulté.

Quand les savans Missionnaires nous ont communiqué des détails sur le zodiaque chinois , ils ont décrit les vingt huit constellations qui le divisent ; ils ont marqué l'étendue de ces constellations , & les principales étoiles qui y sont comprises. M. le Gentil nous a rapporté la description du zodiaque indien ; il a également donné les configurations & les noms des étoiles qui forment les vingt-sept constellations. Mais ces constellations , qui partagent le zodiaque , ne sont point attachées aux points équinoxiaux. Cette division , comme celle des Chinois , appartient uniquement à la lune , à son mouvement journalier ; il y a une constellation pour chaque jour de cette planete , & , comme le disent les Chinois , ce sont les maisons qu'elle parcourt dans son voyage autour de la terre. Il est évident que cette division n'a aucun rapport avec le cours du soleil , ni avec les quatre termes de son mouvement. Les Chinois & les Indiens ont , comme nous , les douze signes qui sont relatifs à ce mouvement ; ces signes portent à peu-près les mêmes noms , du moins dans l'Inde. Pourquoi le P. Gaubil & les autres Missionnaires , pourquoi M. le Gentil ne nous ont-ils point parlé des douze constella-

tions qui répondent à ces douze signes ? Pourquoi ne nous ont-ils pas donné les configurations des étoiles qui y sont attachées ? C'est qu'il n'y a réellement ni étoiles, ni constellations dans ce zodiaque solaire. Les douze signes ne sont chez les Indiens, les Siamois & les Chinois, que ce qu'ils sont aujourd'hui chez nous, les divisions de l'écliptique, les douzièmes parties de la course solaire.

On voit que les Chinois, dès l'année cent quatre avant notre ère, & l'année cent trois après, avoient déjà mesuré avec des instrumens de cuivre l'étendue des vingt-huit constellations (a). Lorsqu'on parle des globes célestes, on dit que les vingt-huit constellations y sont tracées ; on ne parle point des douze (b). Quand on détermine les solstices, c'est toujours relativement aux vingt-huit constellations ; on y rapporte également le mouvement du soleil (c). Le P. Gaubil donne le calcul d'onze éclipses où le lieu de cet astre est marqué par ces constellations (d) : les *Tse*, ou les signes de l'écliptique sont désignés par celles de ces constellations qui s'y rencontrent (e) ; ce sont les constellations qui marquent le commencement de ces signes (f). Ils sont partagés chacun en deux parties nommées *Tsieki*, formant en tout vingt-quatre, tous égaux ; les signes de trente degrés, les *Tsieki* de quinze. Les équinoxes & les solstices sont toujours au commencement de ces divisions ; & le P. Gaubil dit en propres termes : *les Tsieki sont considérés, ou comme des divisions en tems de l'année solaire, ou comme des divisions en degrés & en partie de degrés du*

(a) Recueil des observations faites aux Indes & à la Chine par le P. Soucier, T. II, p. 5, 24, 61 ; & T. III, p. 104, 106, 108.

(b) *Ibid.* Tome II, p. 49.

(c) *Ibid.* p. 7, 20, 45, 46, 47, 48, 52, 53, 99.

(d) *Ibid.* p. 66.

(e) *Ibid.* Tom. III, p. 26, 27.

(f) *Ibid.* p. 31 & 102.

cercle annuel, que décrit le soleil par son mouvement apparent d'occident en orient (a). Ce sont donc les divisions, les signes de l'écliptique, qui n'ont aucun rapport au ciel étoilé, & dont le lieu & le commencement sont au contraire exactement fixés dans le zodiaque, & désignés par les étoiles des vingt-huit constellations.

Les Indiens, quand ils calculent le lieu du soleil, de la lune & des planètes, le donnent toujours, dans leur zodiaque mobile, partagé en vingt-sept constellations. Quand ils ont besoin de rapporter ce lieu à l'équinoxe, ils y reviennent par le mouvement connu des étoiles, & par la position de l'équinoxe déterminée dans les vingt-sept constellations au tems de l'époque. Dans les calculs des Brame, que donne M. le Gentil, dans ceux des Siamois, expliqués par Dominique Cassini, on voit qu'un signe répond toujours exactement à trente degrés. C'est une mesure astronomique, & rien de plus; des constellations, assujetties à des étoiles inégalement espacées, n'auroient point cette étendue régulière (b). Tous ces peuples, Chinois, Indiens & Siamois, ont donc un zodiaque mobile & sensible, orné de constellations & désigné par des étoiles; & un zodiaque fixe & rationnel, où s'accomplit la révolution du soleil, où se trouvent les caractères de son mouvement, & les signes de la Balance, de l'Ecrevisse & du Capricorne, convenablement placés à l'équinoxe d'automne & aux deux solstices. Le commencement de l'année, le soleil rétrogradent sans cesse dans le zodiaque étoilé, & parmi les

(a) Recueil des observations faites aux Indes & à la Chine par le P. Soucier, T. III, P. 24.

(b) On a vu plus haut dans les constellations d'Hypparque & de Ptolémée,

que le Lion & la Vierge ont chacun plus de quarante degrés, le Taureau trente-sept, les poissons trente-huit, tandis que le Bélier n'en a que douze, l'Ecrevisse onze, & les Gémeaux sept.

vingt-sept constellations ; mais le soleil y transporte avec lui l'origine des douze divisions de son éclipse , parce qu'elles appartiennent à l'année & à la révolution solaire , & qu'elles n'ont aucun rapport à ces étoiles. Et ce n'est pas une conjecture que nous formons ici ; c'est un usage encore établi chez ces peuples ; un usage conservé chez eux de la plus haute antiquité ; c'est un fait de leur science astronomique , d'où on peut tirer des conclusions exactes.

M. le Gentil a remarqué avec raison que la division du zodiaque la plus facile , la plus naturelle , & par conséquent la première , a dû être celle en vingt - sept constellations. On voit dans de belles nuits consécutives la lune parcourir le zodiaque & le partager par les espaces de son mouvement diurne ; on remarque chaque jour les étoiles auxquelles la lune répond. En même tems que le zodiaque est divisé en vingt-sept ou vingt-huit parties , les étoiles , qui marquent ces différentes parties & qui en font des constellations , sont reconnues & distinguées. Voilà la véritable division du zodiaque étoilé ; voilà les premiers pas de l'Astronomie , que nous avons trouvés chez tous les anciens peuples : la révolution fidérale de la lune pour mesure primitive du tems ; la division du zodiaque , en raison du mouvement de cette planète. On a placé l'origine de son mouvement , & on a tout rapporté au commencement de ce zodiaque. Le cours du soleil , connu plus tard , a été étudié séparément. On a suivi d'abord les circonstances de son mouvement à l'égard de l'équateur ; on a partagé ce mouvement en quatre intervalles , par les solstices & par les équinoxes ; ensuite en douze , par une subdivision. Mais ces divisions ne sont que des portions d'années ; on n'y a point attaché d'étoiles , parce que les étoiles étoient déjà classées , & la bande du zodiaque partagée en constellations.

Ces

Ces divisions égales & purement solaires, ont reçu des noms relatifs aux travaux rustiques de l'année, aux intempéries des saisons; on a mis à contribution les sphères décrites par les premiers peuples, chasseurs, pasteurs ou agriculteurs. On a pris le Bélier, le Taureau & les Gémeaux pour le printems, parce que c'est la saison des troupeaux; le Lion, pour exprimer la force du Soleil d'été; la Vierge, pour marquer la moisson; le Scorpion, les maladies d'Automne; le Sagittaire, la chasse; le Verseau les pluies; les Poissons, la pêche. On ne peut dire que des choses vagues & incertaines sur ces dénominations antiques, dont les motifs sont cachés sous le voile du tems. Mais quel que soit le peuple auteur de ces institutions, c'est à cette époque, & à la suite de la considération du mouvement du soleil qu'on en a attaché les caractères aux divisions du cercle éclipstique. On a mis l'Ecrevisse au solstice d'été, le Capricorne au solstice d'hiver, & la Balance à l'équinoxe d'automne. C'est alors que ces caractères ont eu une signification précise & à l'abri de toute équivoque. Il n'est plus question de savoir si dans le ciel, si dans les planisphères, la Chevre ou le Capricorne sont considérés comme faisant partie du bétail & des richesses de l'âge d'or, si la Balance appartient au commerce, à la justice ou à l'égalité des jours & des nuits. Il n'y a plus ici de planisphère: on fait abstraction du ciel étoilé; on ne considère que le soleil & son éclipstique. C'est son mouvement que l'on caractérise; ce sont ses influences que l'on peint. Les signes sont expliqués par leur institution, & des idées claires dérivent d'un motif unique.

Quand on a voulu prendre la révolution solaire comme une mesure du tems, plus longue & plus commode que la révolution de la lune, on en a placé le commencement à la

première des vingt-sept constellations, à l'origine du zodiaque étoilé déjà divisé. De là la nécessité d'employer une année sidérale, comme font les Indiens. On a eu une raison de plus, lorsque l'inégalité du soleil a été connue ; cette inégalité est la plus remarquable dans l'apogée & dans le périégée, où cet astre se meut avec la plus petite & la plus grande vitesse. On fait que ces points ont un mouvement progressif dans le ciel. Les Indiens ne paroissent pas avoir connu ce mouvement, ou du moins ils n'en ont pas tenu compte ; & ils n'en avoient pas besoin. L'apogée du soleil, dans son mouvement, ne précède pas beaucoup celui des étoiles. En étudiant les inégalités de cet astre, les Indiens ont reconnu qu'elles arrivoient toujours dans les mêmes points du zodiaque étoilé ; ils ont donc attaché ces inégalités aux étoiles ; & la révolution solaire, qui ramène ces inégalités, a dû être sidérale. On voit en effet que si l'année des Indiens commence à l'entrée du soleil dans le zodiaque étoilé & mobile, chaque mois est réglé dans sa longueur par la vitesse du soleil ; le plus long, celui où cet astre se meut le plus lentement, est toujours le troisième ; le plus court, celui où cet astre se meut le plus rapidement, est toujours le neuvième.

Ces signes, tous égaux, mais qui parcourus avec différentes vitesses, font douze mois inégaux, divisent chez les Indiens la révolution du soleil relative à l'apogée, plutôt que sa révolution relative à l'équinoxe. Si les signes caractéristiques qui appartiennent à cette dernière, ont été transportés à la première, c'est précisément parce que n'étant essentiellement que les douzièmes parties de la course du soleil, ils appartiennent également à toutes ses révolutions. On s'est écarté en cela des motifs qui avoient déterminé leurs noms. Mais les Indiens ont eu l'intention de ramener ces signes & tous leurs

calculs à l'équinoxe ; car en choisissant pour époque vraie le commencement de l'année trois mille cent deux avant notre ère , où le soleil & la lune se sont trouvés ensemble au premier point du zodiaque mobile , ils disent que vingt mille quatre cens ans avant cette époque de l'an trois mille cent deux , tous les Astres étoient en conjonction dans ce premier point. Cette époque éloignée est fictive ; mais pourquoi l'ont-ils choisie ? C'est qu'ils ont vu que trois mille six cens ans après leur époque de l'an trois mille cent deux , l'origine de leur zodiaque répondroit à l'équinoxe ; & comme , selon eux , la révolution entière des fixes est de vingt-quatre mille ans ; il s'ensuit que vingt mille quatre cens ans avant leur époque vraie , cette origine a dû répondre encore à l'équinoxe. Les mêmes calculs leur ont appris que le soleil & la lune s'y retrouveroient en même tems ; & c'est de là qu'ils partent pour supputer les mouvemens de ces deux astres. Tous les vingt-quatre mille ans , les révolutions sidérales & anomalistiques du soleil , qui , selon eux sont égales , doivent recommencer avec la révolution tropique.

Il est donc évident que les douze signes appartiennent à l'écliptique plutôt qu'au zodiaque , ce sont des nombres , des fractions de la révolution solaire. Les Indiens les additionnent , les multiplient , comme nous le faisons aujourd'hui dans nos opérations arithmétiques. Ces nombres n'ont rien de commun avec le ciel étoilé ; le zodiaque considéré relativement aux étoiles qui s'y rencontrent , est partagé en vingt-sept ou vingt-huit constellations , & non en douze. Personne que nous sachions , dans les relations de l'Inde & de la Chine , n'a parlé de ces constellations prétendues ; on peut donc croire qu'elles n'y ont jamais existé. Alors les signes de l'écliptique n'étant plus que des nombres dépouillés de toute relation

avec les étoiles , on ne peut en tirer de conséquences en faveur d'une antiquité prodigieuse de la division du zodiaque; celle qui résulte des époques indiennes & de l'Astronomie chinoise, est déjà bien assez grande. On doit dire encore qu'il faudroit des raisons très-fortes , & sans doute des démonstrations , pour remonter si haut dans les tems , pour placer si loin l'origine d'une multitude de fables & d'allégories , conservées entières & fidèlement transmises. Les institutions les plus utiles se détruisent par la durée ; toute existence est bornée sur la terre. La tradition même ne doit-elle pas s'altérer , s'éteindre , mourir comme les hommes & finir comme les empires.

Mais si la division en vingt-sept ou vingt-huit constellations , est la division primitive , si les douze signes ne sont point des constellations , & n'offrent qu'une mesure astronomique , nous possédons cependant aujourd'hui une division du zodiaque en douze constellations , que nous n'avons point inventée; nous la trouvons à Alexandrie, du tems d'Hypparque & de Ptolémée ; nous la retrouvons même antérieurement chez les Grecs , au tems d'Eudoxe & de leurs premiers Astronomes. Voilà la trace que nous devons suivre pour en reconnoître les inventeurs ; ici nous ne pouvons proposer que des conjectures. Une remarque bien fondée peut seulement nous guider ; c'est que tous les peuples , qui , comme les Indiens & les Chinois , ont eu la division du zodiaque en vingt-sept ou vingt-huit constellations , ne doivent point en connoître d'autres. A quoi serviroient ces deux suites de constellations différentes pour diviser un même espace ? Ce seroit une superfluité & une source de confusion. On s'est proposé d'établir dans le ciel des points de reconnaissance , pour y rapporter le cours des astres ; la première nomenclature imaginée a

rendu la seconde inutile. Cette remarque exclut les Chinois, les Indiens, les Siamois, les Perses qui tous ont partagé le zodiaque en vingt-sept ou vingt-huit constellations. Elle exclut également les Egyptiens, qui ont dû avoir cette même division, puisque les Coptes, leurs successeurs, l'ont conservée.

Cela posé, la division en douze constellations, qui se trouve dans la sphère décrite par Eudoxe, doit avoir été apportée d'Asie. Cette sphère fut sans doute adoptée & chantée par Orphée treize ou quatorze cens ans avant notre ère; elle est antérieure d'un siècle au voyage des Argonautes, & elle est un des fruits de cette expédition. C'est de cette même sphère qu'Hypparque & Ptolémée ont fait usage, eux qui n'ont rien emprunté des Egyptiens, eux dont toute l'Astronomie est fondée sur les observations chaldéennes. Il y a lieu de croire que ces connoissances semblables des Grecs d'Europe & des Grecs d'Egypte, leur venoient de la même source. Or les Chaldéens sont le seul peuple savant de l'antiquité, qui ne semble pas avoir connu la division en vingt-sept constellations. Il est donc naturel que ce peuple, soigneux observateur des astres, s'en soit fait une; & comme il se régloit sur des années comptées de l'équinoxe, il a partagé le zodiaque relativement au soleil; il a adopté les douze divisions de son mouvement, divisions déjà connues & répandues dans l'Asie. Il lui a suffi d'y attacher des étoiles, pour en faire des constellations. Les points cardinaux ont dû être placés au commencement des signes; & comme l'an quatorze cent quarante-sept avant notre ère, ces points étoient au quinzième degré du Bélier, de l'Ecrevisse, de la Balance & du Capricorne, il s'ensuit que lors de cette institution, les équinoxes & les solstices ont dû être placés à la fin de ces constellations,

ou au premier degré du Taureau , du Lion , du Scorpion & du Verseau. Cette institution dateroit donc de l'an deux mille cinq cent dix-huit avant J. C. Il ne paroît pas que l'on puisse la placer plus loin , parce que les points cardinaux ont dû se trouver , au moins , à la fin des constellations qui les caractérisent ; ou si on découvroit des faits qui reculassent cette institution , il faudroit abandonner la coincidence , dont nous venons de parler , croire qu'on n'y a point pensé en nommant les constellations , & dire qu'elle s'est rencontrée par hasard , depuis l'an deux mille cinq cent dix-huit jusqu'à l'an trois cent soixante-treize avant notre ère.

D'autres conjectures nous conduisent chez les Chaldéens , pour y trouver cette origine. Nous voyons que la sphère indienne offre déjà trois ou quatre de nos constellations ; l'époque de cette sphère doit être beaucoup plus ancienne que l'époque vraie des Indiens de l'an trois mille cent deux , & le partage en vingt-sept constellations , qui y est attaché. Nous voyons que la sphère persienne , qui peut remonter au tems de Diemschid , à l'année trois mille deux cens , époque de l'intercalation des Perses , contient huit à neuf de nos constellations ; c'est un progrès. Les faits suivent une espece de chronologie , en supposant que les Chaldéens ont fait douze constellations zodiacales l'an deux mille cinq cent dix-huit : d'ailleurs Callisthenes nous a appris que les observations chaldéennes remontoient à l'an deux mille deux cent trente-quatre ; il est naturel que chez ce peuple la division du zodiaque ait précédé de plusieurs siècles les observations suivies dans un observatoire fixe.

On peut présumer que les Chaldéens , en faisant cet arrangement , en donnant des étoiles aux douze signes de l'écliptique , qui auparavant n'étoient que des divisions & des

nombres, ont choisi dans la sphère persienne les constellations qui se trouvoient aux environs de l'écliptique & dans la bande du zodiaque. Ils y ont trouvé le Taureau, les deux Anes, la Vierge, le Lion, la Balance, un second Taureau, la Chevre, le Fleuve, le Poisson. Ces constellations les plus anciennes sont celles qui dans le zodiaque de Ptolémée, ont plus d'étendue; quatre d'entr'elles ont chacune près de quarante degrés: elles n'étoient que neuf dans l'intervalle où il y en a douze; elles pouvoient occuper plus d'espace. Les trois nouvelles constellations, le Bélier, les Gémeaux, l'Ecrevisse sont petites. On a resserré les Poissons, pour placer le Bélier; on a partagé la constellation des deux Anes, pour faire les Gémeaux & l'Ecrevisse. Le Sagittaire a été mis à la place du second Taureau; la trace de cette substitution est conservée dans les noms différens que porte encore le Sagittaire. On y retrouve celui du Taureau (a). Enfin on a donné au Scorpion la place de la Balance.

Il n'est pas inutile d'observer ici que, suivant Aratus, il y avoit dans ce zodiaque seulement onze constellations. Le Scorpion occupoit par ses serres l'espace occupé aujourd'hui par la Balance. Ce qui pourroit faire présumer que les Chaldéens, dans cette répartition des étoiles, n'ont pas eu tant d'égards qu'on pourroit le penser, à faire accorder les constellations avec les douze signes; & que chez eux-mêmes la division de l'écliptique en douze parties étoit mathématique & abstraite, comme chez les autres peuples de l'Asie. C'est dans le tems de cette répartition nouvelle qu'on a transposé le Lion & la Vierge, parce que dans le zodiaque solaire de l'Asie, la Vierge

(a) M. de la Lande, Astronomie, Tome I, p. 256.

étoit , non le premier , mais le second signe après l'Ecreviffe & le folstice.

Cependant ce changement , le nombre même d'onze constellations prouvent que les Chaldéens ont voulu établir quelque conformité entre leurs nouveaux astérismes & les signes anciennement établis. Ils auroient pu admettre un plus grand nombre de constellations , ou se borner aux neuf déjà dessinées dans la sphère persienne. Il est donc naturel d'en conclure qu'ils ont eu soin de placer les équinoxes & les solstices au commencement des constellations. Lorsque les Grecs ont emprunté cette sphère , douze ou treize siècles avant notre ère , les points équinoxiaux & solsticiaux répondoient aux quinziesmes degrés : enfin lorsqu'Hypparque a renouvelé l'Astronomie , il a observé ces points aux premiers degrés des constellations du Bélier , de l'Ecreviffe , de la Balance & du Capricorne ; & comme il a enseigné dans le même tems que les étoiles s'éloignoient sans cesse de ces points , & s'avançoient constamment le long de l'écliptique , on a laissé depuis lui ces constellations suivre leur marche progressive , & on a conservé leurs noms aux places où elles étoient il y a deux mille ans. Les douze signes reculent à travers les étoiles avec l'équinoxe , avec le commencement de l'année : ces signes ne sont plus que les divisions égales de l'écliptique ; & en séparant ainsi les signes des constellations , nous suivons aujourd'hui un usage antique , qui , si l'on en excepte les Chaldéens , a été général parmi tous les anciens peuples de l'Asie.

Nous ne connoissons point de faits dans l'antiquité , qui contredisent ce que nous établissons ici. Les douze signes n'ont été alors , comme ils le sont aujourd'hui , qu'une division de la révolution solaire ; ils n'ont été jamais rapportés aux étoiles par les Nations de l'Asie. Ce sont les seuls Chaldéens , qui plus tard

tard ont attaché des constellations à ces signes ; du moins suivant une conjecture que la vraisemblance autorise. Mais quel que soit le peuple auteur de cette institution , que ce soient les Chaldéens , les Grecs ou les Egyptiens mêmes , la date de l'an deux mille cinq cent dix-huit ans avant notre ère , paroît la plus ancienne que l'on puisse assigner au partage des étoiles zodiacales en onze ou douze constellations. Les Chinois & les Indiens ont eu long - tems auparavant la division en douze signes : mais ce sont des signes abstraits , des portions égales du cercle , sans nul rapport avec le ciel étoilé ; & on n'en peut rien conclure , ni sur l'époque de cette division , ni sur le peuple qui l'a exécutée.

Si nous avons discuté les principes , qui servent de base aux recherches de M. Dupuis , c'est par un sentiment d'estime pour son travail ; c'est parce que ses principes tiennent aux questions intéressantes de la division du zodiaque & de l'antiquité de l'Astronomie. Nous avons cru qu'il seroit utile & à la science , & à M. Dupuis même , d'exposer dans cette histoire les doutes & les réflexions que nous a fait naître la lecture de son ouvrage. L'idée de puiser , dans les levers & dans les couchers successifs des étoiles , le sens allégorique des fables , & la succession des Héros de la Mythologie , est une idée très-ingénieuse ; mais comme les étoiles conservent toujours les mêmes distances & les mêmes relations entr'elles , comme ces levers & ces couchers se succèdent dans un ordre à peu-près semblable , il ne paroît pas que ces explications puissent être uniquement liées & à une époque , & à un climat. On peut , sans doute , en transporter un grand nombre , & pour le tems & pour le lieu : & si une partie de ces explications ne pouvoit pas subsister , on en tireroit une conclusion que nous croyons très-vraie , c'est que toutes les fables n'ont pas la même

origine. Elles doivent être l'ouvrage des siècles, le produit de la folie ou de la sagesse des hommes, qui sur la terre & dans ces siècles ont changé bien des fois de climats, d'habitudes & d'idées. Les fables sont nées dans la marche de la tradition; on doit donc y retrouver ce qui a été confié à la tradition, & tout ce que traîne après soi ce fleuve grossi de tant de sources différentes.





HISTOIRE

DE

L'ASTRONOMIE MODERNE.

DISCOURS VI.

Résumé général.

QUAND on a fait une longue route, comme celle que nous avons parcourue depuis l'origine présumée de l'Astronomie jusqu'à nos jours, il est naturel de regarder derrière soi, pour se rendre compte des pas qu'on a faits; & de s'arrêter à la hauteur des siècles accumulés les uns sur les autres, pour embrasser l'ensemble des choses dont on a vu les détails. Il est encore dans la nature de l'homme, impatient & curieux de l'avenir, de porter sa vue sur la route qui lui reste à faire, de comparer l'estime de ses moyens avec celle des obstacles, de savoir si sa grandeur peut s'accroître, & si sa force limitée suffit à de nouveaux succès. Nous avons deux objets à considérer; ce que nous avons fait, ce que nous pouvons faire. Notre coup d'œil doit suivre la durée, & se partager comme

Rij

le tems qui a seulement deux divisions réelles , le passé & l'avenir, puisque le présent n'est que la limite des deux autres.

P R E M I E R E P A R T I E.

Des Progrès que l'Astronomie a faits.

L'ASTRONOMIE a une origine aussi obscure que reculée ; on ne peut dire précisément ni dans quel lieu , ni dans quel siècle elle est née. Les probabilités les plus fortes nous ont fait avancer qu'il y avoit eu jadis une Astronomie, qui fut perfectionnée , puis détruite & oubliée. Cette science a existé antérieurement aux Nations connues de l'Asie ; elle nous a paru l'ouvrage d'un peuple placé dans cette partie du monde , à la hauteur de quarante-neuf ou cinquante degrés. Ce peuple a vécu sans doute assez long-tems sur la terre pour acquérir des connoissances qui ont droit à notre admiration. Nous ne lui accordons que celles qu'on ne peut lui refuser. Avec le gnomon , le premier & le plus simple de tous les instrumens , avec des clepsidres pour compter le tems , des cercles d'airain pour mesurer l'espace , cette Astronomie a atteint un certain degré de précision. Le mois de la lune , l'année du soleil furent exactement déterminés. Les révolutions de ces deux astres ont été combinées dans une période de deux cent vingt-trois mois , qui suppose la connoissance de l'inégalité de la lune , & celle des mouvemens de son nœud & de son apogée ; dans une période de dix-neuf ans , qui fut depuis le cycle d'or réinventé par Méthon ; dans une période de six cens ans , dont l'exactitude a été célébrée par Dominique Cassini ; enfin le cours des astres en a produit une infinité d'autres , telles que celles de douze , de soixante & de trois mille six cens ans. L'obliquité

de la route du soleil a été reconnue & déterminée ; on a vu que les étoiles s'avançoient le long de l'écliptique. Le ciel a été partagé en constellations , le zodiaque divisé en douze parties égales , suivant le cours du soleil , & en vingt-huit constellations , suivant le cours de la lune. Enfin les degrés terrestres ont été mesurés , & on a su en conclure avec précision l'étendue entière de la circonférence du globe. On n'a point exécuté tous ces travaux , sans observer beaucoup & long-tems. Deux opinions , qui semblent appartenir aussi à ces tems antiques , doivent être ajoutées à ces déterminations ; ces opinions sont celles du retour des comètes , & celle du véritable arrangement des corps célestes , qui n'ont pu naître que d'une saine philosophie , aidée d'une longue suite d'observations , & sur-tout d'une science assez vieille pour avoir parcouru les erreurs qu'il est nécessaire d'épuiser avant d'arriver à la vérité. Voilà la masse des connoissances anciennes.

Ces connoissances ont été démembrées & dispersées au tems des conquêtes , qui ont bouleversé la plus ancienne partie du monde ; les individus vaincus & fugitifs , ont emporté dans leur fuite une partie de leurs connoissances , avec leurs Dieux & leurs familles. Sans ce démembrement fait au hasard , trouveroit-on à la Chine un souvenir de la terre mesurée , sans aucun résultat de cette mesure , tandis qu'on trouve à Babylone une mesure exacte de la terre , sans qu'on sache ni par qui , ni comment , ni dans quel tems elle a été faite. Les Chaldéens nous ont conservé la méthode qui servit jadis à diviser le zodiaque ; il en a dû naître vingt-quatre divisions. Ces vingt-quatre divisions n'existoient point à Babylone ; c'est à la Chine qu'on les retrouve , à la Chine où l'origine en est ignorée. Enfin des trois périodes de soixante , de six cent & de trois mille six cents ans , qui ont évidemment des

rapports entr'elles , qui ont dû naître les unes des autres , la première seulement est connue à la Chine , la première & la troisième aux Indes , les trois ensemble à Babylone. Le démembrement de la science est donc démontré ; un long & profond oubli ne tarda pas à le suivre. Les plus précieux restes de cette Astronomie semblent déposés dans les Tables astronomiques des Indiens ; c'est ce que nous avons de plus antique sur la terre.

Ces restes de la science , une tradition plus ou moins constante , un souvenir même vague furent encore utiles aux hommes. L'idée d'une science est déjà un pas , le souvenir d'une chose qui a été faite enseigne qu'elle est possible ; & le courage multiplie les efforts , lorsqu'il a l'espérance du succès. Au tems de la fondation des nouveaux empires , le souvenir de l'Astronomie fit renaître la science aux deux extrémités de l'Asie , à la Chine & à Babylone. Les Chinois nous ont presque toujours été étrangers , les Chaldéens seuls nous intéressent ; le fil alors renoué , n'a plus été interrompu jusqu'à nos jours. Les Chaldéens sont pour nous les vrais restaurateurs de la science ; l'habitude d'observer fut transportée chez eux. Les Asiatiques n'ont en général ni dessein , ni méthode ; mais enfin ils suivoient la nature , ils pouvoient dire chaque jour ce qu'elle avoit fait. L'abondance des idées & des vues peut quelquefois nuire , en faisant changer trop facilement d'objets : elle égare sur-tout dans les commencemens ; il faut voir long-tems avant de savoir chercher. Le génie même de l'Europe n'eût pu mieux faire alors , & la patience des Chaldéens a pendant deux mille années , posé & cimenté la base sur laquelle Hypparque a commencé à bâtir.

Les richesses d'une grande conquête , la puissance des Rois

d'Egypte & le génie de la Grece firent éclore à Alexandrie une époque plus brillante. Le trésor des observations chaldéennes étoit un des fruits de cette conquête ; les Grecs n'y virent que des faits amassés , & des résultats , qui étant plus anciens que ces faits , n'avoient aucune liaison avec eux. On prit les faits ; on rejeta les résultats ; il fallut tout recommencer. Les Rois donnerent un *Musæum* & des instrumens. Aristille & Tymocharis fonderent l'art d'observer ; & pendant qu'Erathostenes déterminoit l'obliquité de l'écliptique , & tenoit de mesurer la terre , Hypparque , homme de génie , apporta la méthode , qui avoit toujours manqué aux Orientaux. Il osa faire le dénombrement des étoiles ; il découvrit de nouveau leur mouvement en longitude , & il en trouva la cause dans la rétrogradation de l'équinoxe. Enfin il embrassa tout , & il est le vrai fondateur de la science , puisqu'il en établit les principes ; il est le premier qui fut frappé de l'analogie des effets , & qui conçut l'idée d'un corps de doctrine où les vérités seroient liées , comme elles le sont dans la nature. Ptolémée eut ce qu'il falloit de talent pour obéir au génie d'Hypparque ; il réunit , completa les connoissances qu'Hypparque avoit commencées. Le projet conçu par l'un , fut exécuté par l'autre ; & il en résulta un édifice , qui a fait la surprise & l'instruction de tous les peuples pendant treize siècles. La géométrie des Orientaux avoit été bornée aux figures rectilignes & au cercle. Cette première de toutes les courbes étoit devenue la regle des mouvemens célestes : Hypparque & Ptolémée l'ont adoptée , & ils ne se sont point élevés , comme les antiques habitans de la terre , au vrai système du monde ; ils firent mouvoir le soleil , & la terre resta immobile pour eux , comme pour le vulgaire. Les planetes , dont le mouvement est inégal autour du soleil , offrent des

apparences irrégulières & bizarres dans la supposition du repos de la terre. Une mesure simple, comme le cercle, ne pouvoit suffire à la multiplicité de ces apparences vraies ou fausses; on entassa les cercles, on les fit rouler les uns sur les autres; la machine céleste se composa de plus en plus; on ne vit partout que roues mutuellement engrainées, & chaque planète fut menée par un rouage.

Les Arabes, destructeurs d'Alexandrie, s'approprièrent son Astronomie, comme les Grecs avoient conquis celle de Babylone. Cette science fut cultivée avec ardeur dans Bagdat, à cause de l'Astrologie. La connoissance de l'avenir est un besoin dans l'Asie, où les imaginations sont échauffées par le soleil, & où la raison est dans la servitude. La protection des Califes, les magnifiques instrumens qu'ils firent construire, ne suppléent point au génie. Les Arabes firent peu de progrès; le mouvement de l'apogée du soleil est la seule vérité qu'ils aient découverte & placée dans la masse de nos connoissances. L'Astronomie passa avec eux dans l'Europe, & elle fut portée partout où les conduisirent le commerce & la guerre. Les Européens commencèrent alors à la cultiver; Waltherus, Regiomontanus, en Allemagne, construisirent des instrumens & renouvelèrent les observations. A chaque nouveau domicile, la science étoit assujettie à un nouvel examen; les connoissances transmises étoient vérifiées: mais à cette époque il se fit une grande révolution qui changea tout. Le génie de l'Europe se fit connoître & s'annonça dans Copernic. La longue admiration qu'on avoit eue pour Ptolémée, ne lui en imposa point; il renversa l'édifice de l'Astronôme d'Alexandrie, & renouvelant une ancienne vérité trop long-tems méconnue, il laissa les étoiles sans mouvement dans les espaces célestes; il fit mouvoir la terre sur elle-même, pour produire

les jours & les nuits, & il la fit marcher, ainsi que toutes les planetes, autour du soleil, qui reste seul dans un repos convenable à sa grandeur.

Cependant les rouages subsisterent; une grande roue eût suffi pour représenter le mouvement supposé égal des planetes, il falloit de petites roues pour satisfaire à leurs inégalités réelles. Malgré cette complication, dont il étoit encore difficile de se passer, Copernic avoit fait un grand pas vers la vérité. La destruction du système de Ptolémée étoit un préliminaire indispensable, & cette première révolution devoit précéder toutes les autres. Tycho, qui vint après lui, est celui de tous les Astronomes modernes, qui a employé le plus d'argent, le plus de soins, & le plus de tems à l'observation. Il fit avec sa fortune, & avec les secours du Roi de Danemarck, un des plus magnifiques établissemens qu'ait eus l'Astronomie, & il laissa un trésor d'observations à la postérité; c'est encore aujourd'hui une partie essentielle de nos richesses. Les observations chaldéennes, celles d'Hypparque & de Ptolémée, celles de Tycho, voilà les époques que nous avons dans les tems. Ces observations nous y rendent présens; c'est par leur secours, c'est en les comparant aux nôtres, que nous suivons, à travers les siècles, la succession des mouvemens, & que nous cherchons à nous assurer, ou de leur constance, ou de leurs variations. Tycho s'attacha particulièrement à la lune: il ajouta deux équations à celles qui avoient été connues de Ptolémée; il vit les nœuds se mouvoir, l'orbite s'élever & s'abaisser sur l'écliptique. Malgré ces découvertes, malgré les travaux d'un grand nombre de générations, Chaldéens, Grecs d'Alexandrie, Arabes, Européens, tous n'avoient été encore occupés qu'à recouvrer ce qu'on avoit perdu. Le mal des révolutions politiques est long à réparer; les lumières, facilement

détruites, ne se remontrent que lentement; mais enfin au tems de Tycho, l'esprit humain ayant regagné ce que l'oubli lui avoit enlevé, la nouvelle Astronomie étoit déjà montée au niveau de l'ancienne.

Mais les Européens n'étoient point arrivés là pour y rester. Une routine aveugle & uniforme n'étoit point faite pour eux; ils sont organisés pour le progrès des sciences. C'est une vérité bien connue, que le climat modifie les hommes; il endort, ou il éveille leur activité. Cette activité nous arrache au présent pour nous jeter dans l'avenir; sans elle, l'homme ne connoît que la nature qui l'environne, ou même celle qui le touche immédiatement: il demeure à la place que sa naissance lui a marquée; & le reste de l'univers est nul pour lui. Cette indolence fut toujours le caractère des Orientaux: ils supportent tout, & l'ignorance & la tyrannie; l'obstacle des difficultés arrête leurs pensées, comme un despote enchaîne leur liberté. S'ils ont cultivé les arts & les sciences, c'étoit pour les premiers besoins; ils y porterent de l'attention sans vues, & de la suite sans méthode. Les habitans de l'Europe ont reçu un autre caractère: une imagination vive & hardie, qui cherche & saisit les causes, une raison perfectionnée, qui fait les peser, semblent être le privilège particulier & distinctif des Européens. Nés sous un ciel mobile, ils ont cette inquiétude qui a besoin de mouvement, & qui, soit pour le lieu ou pour le tems, fait desirer à l'homme de vivre où il n'est pas. Ce mouvement de l'esprit produit & accélère la succession des pensées; les hommes voyagent, & ils appliquent & leurs sens & leur intelligence à toutes les choses de la nature. En Asie, rien n'a été fait que par la constance des travaux; c'est le genre humain agissant en masse, ou à la fois, ou successivement. En Europe le génie a succédé

à la patience pour commander le travail ; les grandes choses ont été faites par des individus. Un homme a paru dans un siècle , & s'est rendu le maître des pensées ; il a changé les sciences , comme les conquérans changent les empires. C'est par un tel effort qu'on peut apprécier l'esprit humain : ce ne sont point de petites forces réunies pour en produire une grande ; c'est une puissance unique , & celle du génie.

Jusqu'au tems de Tycho , nous sommes revenus sur les traces perdues ; nous n'avons peut-être qu'égalé les premiers Astronômes (a), Kepler a commencé notre supériorité. Jamais homme n'avoit encore porté dans les sciences ni plus d'activité , ni peut-être plus de génie. On voit , en réfléchissant sur ses travaux , qu'il a dû avoir une multitude d'idées , & cette fécondité même est le caractère d'un esprit supérieur. En découvrant la forme elliptique des orbites planétaires , il fit une véritable révolution dans l'Astronomie. Cette vérité étoit entièrement neuve sur la terre ; nous n'en avons trouvé aucune trace dans l'antiquité. Elle fut donc le premier produit du génie moderne ; elle a tout changé , puisqu'elle a banni le préjugé des mouvemens circulaires ; & en détruisant cette barrière , elle a ouvert un champ vaste à des recherches entièrement nouvelles. Ce n'est pas tout ; les anciens dans leur indifférence , ne desiroient rien au-delà de ce qu'ils voyoient , contens d'observer les effets , ils ne s'étoient point embarrassés des causes. Kepler sentit le besoin de les connoître. On avoit pu croire jusqu'à lui que les astres se mouvoient chacun à part avec une marche différente , & sans aucune dépendance ; ces

(a) Au tems d'Hovélius même , les meilleures Tables s'écartoient d'une demi-heure sur l'observation des éclipses. (*Suprà*, T. II,

p. 232). Les anciennes Tables indiennes donnent mieux. (*Voyage de M. le Gentil*, T. I, p. 299, & *Mém. de l'Acad. Sc.* 1772.

vues bornées ne lui suffisoient pas. Il ne pouvoit s'arrêter & se reposer que sur des vues générales; il conçut l'unité de la nature, il soupçonna des loix universelles, & il eut le bonheur de les découvrir. Les planetes sont assujetties à parcourir des ellipses autour du soleil, à décrire dans ces ellipses des aires proportionnelles au tems; & les révolutions de ces planetes sont comme les racines carrées des cubes de leur distance au soleil. Cette législation est une grande & magnifique découverte, un ouvrage alors aussi neuf que depuis il a été utile.

Si Copernic a enseigné que toutes les planetes circulent autour du soleil, Képler a révélé les loix de cette dépendance; il a osé même en chercher le principe dans le soleil. Il a pensé que tout assujettissement est l'effet d'une puissance, & que cette puissance doit résider dans le corps qui semble dominer & se faire obéir. Si les efforts de Képler, pour découvrir la vraie cause, ont été infructueux, il faut lui savoir gré de cette vue philosophique par laquelle il a encore devancé son siecle.

En même tems le hasard nous a procuré un autre moyen de supériorité sur les anciens. Le télescope découvert, en ouvrant un nouveau ciel, a offert une multitude d'objets à la curiosité humaine, & a donné de l'espace au génie. Galilée a découvert les satellites de Jupiter, l'anneau de Saturne; Huyghens & Dominique Cassini, les cinq satellites de cette planete. On a vu le Soleil, Jupiter, Mars, Vénus tourner sur eux-mêmes, comme la Terre; &, suivant la prédiction de Copernic, Vénus & Mercure montrer les mêmes phases que la Lune. On a apperçu l'atmosphère lumineuse du Soleil; on a mesuré la vitesse de la lumière. Les Astronomes sembloient transportés dans un nouveau monde; Galilée, Dominique

Cassini & leurs contemporains ont fait le dénombrement du ciel. Dans ce siècle si fertile en découvertes, Galilée avoit observé que le pendule oscille en tems égaux; Huyghens en avoit fait une application heureuse à la mesure du tems, & les horloges perfectionnées mesurerent les espaces célestes, comme la durée. Plusieurs individus dominoient ainsi par le génie, & tout le reste éprouvoit leur influence. Alors de nouveaux instrumens étoient inventés, de nouvelles perfections leur étoient sans cesse ajoutées; les mouvemens célestes furent suivis dans leurs moindres détails, tout fut mesuré avec une précision jusqu'alors inconnue. Cette exactitude est encore une supériorité moderne, du moins quant aux moyens; car nous tenons de notre habileté ce que les anciens n'obtenoient que de la constance & du tems. Dans les quatre-vingt premières années du dernier siècle, l'Europe entière étoit en mouvement pour les sciences; les observations étoient multipliées, la terre mesurée; Richer alloit à l'équateur, pour y découvrir la variation de la pesanteur sur le globe. Mais il ne suffisoit pas que l'espèce humaine eût porté partout ses pas & ses efforts, il falloit que la théorie pût marcher avec l'expérience, afin de diriger ses recherches, & de comparer ses résultats. Descartes, en perfectionnant la géométrie, avoit préparé une mesure universelle pour tout ce qui est susceptible de rapport & de comparaison. En unissant cette science à l'algèbre, il les rendit toutes deux plus vastes & plus utiles; & lorsqu'il tenta d'appliquer la mécanique à l'Astronomie, de comparer les grands ressorts de la physique céleste avec ceux que nous avons dans nos mains & sous nos yeux; s'il se trompa, s'il manqua son objet, il nous a familiarisés avec une nature, qui ne paroît plus imposante que parce qu'elle est plus loin de nous.

Les hommes, qui viennent les premiers, travaillent pour

ceux qui viennent après eux. Les quarts de cercle, les pendules, les télescopes semblent n'avoir été inventés, les mesures exactes n'ont été faites, Képler n'a pénétré les loix des révolutions célestes, Dominique Cassini n'a fondé une nouvelle & vaste Astronomie, Descartes n'a créé une puissante géométrie que pour fournir les instrumens & les matériaux du grand édifice que devoit élever Newton. La cause inconnue, qui sous nos yeux fait tomber tous les corps, fut pour Newton la clef de tous les mystères, & lui indiqua le ressort des mouvemens célestes. Il étendit d'abord cette pesanteur des corps jusqu'à la Lune; il vit que cette planete, sans cesse retirée de sa route rectiligne, tomboit à chaque instant vers la Terre, par les mêmes loix que les corps tombent devant nous à sa surface. Ces corps & la Lune ont donc la même tendance; une tendance semblable fait tomber toutes les planetes vers le soleil. Elle décroît en raison inverse du carré des distances, & il en résulte les trois loix que les phénomènes ont révélées à Képler. Cette tendance naît d'une force qui réside dans le corps central; elle appartient à tous les corps en proportion de leur masse. Saturne, Jupiter, la Terre gouvernent leurs satellites, comme le Soleil régit les planetes, avec cette différence, que le Soleil a une force prépondérante qui assujettit tout; & si elle permet aux cometes de s'éloigner dans les déserts de l'espace, elle existe encore à cette distance immense, pour les contraindre à revenir. Cette force, qui réside dans toute les masses, devoit résider dans chaque molécule de la matière. Newton y vit la raison de la figure aplatie de notre globe; il y trouva la cause de la rétrogradation des points équinoxiaux & de l'élévation des marées.

Ainsi Newton a uni inséparablement la géométrie à l'Astronomie; ces deux sciences marchent ensemble, leurs progrès

féparés leur sont mutuellement nécessaires. La connoissance intime des choses dépend de leur concours ; tantôt l'une les observe , & l'autre les explique ; tantôt celle-ci prévient & annonce les phénomènes , celle-là voit & confirme ce que l'autre prédit. Depuis Newton , de grands progrès ont illustré les deux sciences. Bradley a découvert l'aberration des étoiles & la nutation de l'axe de la terre. Le retour des comètes a été constaté par l'observation. On a déterminé les réfractions & leurs variations ; on a découvert l'inflexion des rayons solaires dans la petite atmosphère de la lune. Toutes les méthodes ont été perfectionnées. On a remédié à la dispersion des rayons de lumière par les verres achromatiques. Des voyages ont été entrepris au pôle & à l'équateur , pour mesurer la terre ; à l'extrémité de l'Afrique , pour décrire le ciel austral , pour déterminer la distance de la lune ; enfin dans toutes les parties du monde , pour observer deux fois le passage de Vénus , & mesurer par la parallaxe la distance du Soleil à la Terre , cette grande base de toutes les mesures astronomiques.

En même tems la géométrie s'est avancée , en perfectionnant les deux calculs inventés par Newton. L'un descend dans les détails des choses , par une marche qui n'est jamais arrêtée , qui peut aller aussi loin que l'imagination & la pensée , c'est le calcul différentiel ; celui-là est sorti en entier des mains de Newton. L'autre , le calcul intégral , qui remonte de ces détails & des parties des choses à leur assemblage , est borné , comme nous le sommes , dans la plupart de nos œuvres. Il nous est facile de diviser ; il nous est pénible de reconstruire. La nature semble nous avoir soumis tous les corps existans du monde créé ; la destruction est dans nos mains , la récomposition est son secret : nos efforts

sont le plus souvent infructueux , & nos succès dans ce genre ne sont que des exceptions. La méthode complète du calcul intégral feroit une révolution dans la géométrie , semblable à celle de l'application de l'algebre & à celle de l'invention du calcul différentiel. Au défaut de la méthode générale , on a multiplié les efforts pour obtenir plus d'exceptions ; on a employé les circuits pour passer à côté des obstacles , & les approximations pour approcher de ce qu'on ne pouvoit atteindre. Avec ces nouveaux secours, trois Géometres , MM. Clairaut , d'Alembert & Euler , qui ont succédé à Newton , ont pu , en suivant son esprit , voir mieux & plus loin que lui. Newton n'avoit complètement résolu que le problème de deux corps , dont l'un reste en repos , & commande par une masse prépondérante ; & dont l'autre obéit , en circulant dans une ellipse. Mais lorsqu'un troisième vient par une action nouvelle troubler cette obéissance , ce problème de trois corps , qui s'attirent mutuellement , devient très-difficile. Si le génie de Newton lui a révélé les effets les plus sensibles de cette complication , si ce grand homme a pénétré dans l'intérieur des globes pour connoître l'action particulière de leurs molécules , & les petits mouvemens qui en résultent , il paroît n'y être parvenu que par des méthodes d'estimation , dont il s'est réservé le secret. Newton , semblable à un conquérant qui subjugué un vaste empire , n'a pu à lui seul en soumettre toutes les parties ; il a imposé les loix , & il a laissé à ses successeurs le soin & le mérite de les faire partout reconnoître. MM. Clairaut , d'Alembert & Euler ont en effet résolu ce grand problème des trois corps , qui est applicable à tout , qui est la base de toutes les recherches de ce genre , & qui fait la gloire & le caractère distinctif de notre siècle. Ces Géometres se sont ensuite partagé les
recherches

recherches & les routes. M. d'Alembert a complètement résolu le problème de la précession des équinoxes & de la nutation de l'axe de la Terre; M. Euler a expliqué les dérangemens de Jupiter & de Saturne; M. Daniel Bernoulli, le phénomène des marées. Enfin M. Clairaut a calculé comment les comètes étoient retardées ou accélérées dans leur route, & il a donné la méthode de prédire leur retour. Depuis ces travaux, M. de la Grange s'est associé à ces célèbres Géomètres: il est revenu sur plusieurs objets avec des forces neuves; il a déterminé de nouveau les dérangemens de Jupiter & de Saturne, les mouvemens de précession & de nutation des globes; & il a été suivi dans cette carrière par M. de la Place. M. de la Grange a encore traité une partie entièrement nouvelle, c'est la théorie des Satellites de Jupiter; il a porté la loi de Newton dans cet empire particulier, où tout se passe comme dans le grand empire du Soleil.

Tels sont nos progrès dans la connoissance de la nature. Si nous avons reconnu une Astronomie primitive, si nous avons admiré les déterminations, souvent assez précises, quelle nous a laissées, nous avons apprécié ses succès en raison des obstacles & du manque des secours dans les premiers commencemens; mais nous n'avons jamais loué que l'œuvre de la patience & du tems. L'Europe a sur cette antiquité l'avantage du génie; elle s'est procuré des moyens de progrès, en créant la géométrie. Cette science manquoit absolument aux anciens: nous n'en trouvons nulles traces dans l'Asie; elle n'a paru que dans la Grece, au tems de Platon. Nos moyens pour surpasser la science primitive, ont donc été le télescope, qui étend le domaine de nos sens; la géométrie, qui permet de tout approfondir; & le génie, qui ose tout comparer & qui s'élève à la science des causes. Cette science est notre véritable

supériorité. Tous les phénomènes sont enchaînés : le système de nos connoissances est ordonné comme la nature ; un seul principe nous sert à tout expliquer , comme un seul ressort lui suffit pour faire tout agir.

SECONDE PARTIE.

Des Progrès futurs de l'Astronomie.

MAIS le terme où nous sommes parvenus , est-il le dernier où nous puissions aspirer ? Entouré d'obstacles , l'esprit humain a-t-il assez de force pour les renverser ? Peut-il s'ouvrir de nouvelles routes ? Ce seroit compléter le récit de l'Astronomie , que de lire sa destinée dans l'avenir. Si nous osons y porter la vue , on juge bien que nous ne nous proposons pas de déchirer le voile du tems , ni d'estimer la force toujours inconnue de l'esprit humain. Ce n'est pas une puissance qui agisse par des efforts constans & gradués , suivant certaines loix. Tantôt arrêtée par les difficultés , tantôt multipliée pour les vaincre , elle étonne toujours par son repos & par son action. Dans ce problème , les efforts & les obstacles sont également incalculables. Il ne nous appartient point d'apprécier les ressources de la nature & les élans réservés au génie ; mais nous pouvons estimer avec réserve si les routes ouvertes jusqu'ici peuvent se prolonger encore , & si nos ressources actuelles peuvent nous y conduire.

Copernic a fixé l'arrangement des corps célestes : Kepler a donné les loix de leurs mouvemens ; Newton en a dévoilé la cause & le ressort. Ces dispositions du système du monde déterminent & circonscrivent nos travaux & nos efforts. Nous regardons aujourd'hui l'attraction comme une propriété de la

matière ; celui qui la rameneroit à l'impulsion , feroit sans doute une belle découverte , mais elle ne changeroit rien à l'ordre & à la forme de nos recherches. L'attraction , au lieu d'être une cause , feroit un effet ; mais les effets secondaires ne dépendroient pas moins de cet effet général.

Le phénomène de l'attraction doit donc être regardé comme la base constante de toutes nos recherches. Les phénomènes présens ou futurs doivent également se ranger dans l'étendue de ses applications , le développement de cette cause simple renfermera tous les phénomènes actuels , & annoncera les phénomènes à venir. Il faut considérer ce hardi système de Newton comme un magnifique tableau de la nature , où ce puissant génie a dessiné à grands traits les formes principales , en laissant à ses successeurs la gloire de détailler ces formes esquissées , de remplir les vides , & d'ajouter la ressemblance de toutes les parties à la vérité de l'ensemble.

Nos connoissances ne peuvent s'étendre que par la succession des observations , ou par les progrès de la théorie. L'observation présente ou des phénomènes isolés , ou des phénomènes enchaînés par un résultat commun. Quant aux phénomènes considérés seuls , & en eux-mêmes , nous ne pouvons prévoir ceux que l'avenir nous réserve , que le hasard peut nous offrir , & qui seroient semblables à ceux de l'astre singulier , comete ou planete , qui occupe maintenant les Astronomes. Nous ne pouvons même parcourir en détail les phénomènes connus , & dire , en arrêtant notre vue sur chacun en particulier , ce que l'on peut y voir un jour. Cette considération demanderoit un tems qui nous manque , une supériorité que nous n'avons point , & peut-être encore des circonstances que le tems amene & que fait le génie.

Nous ne pouvons qu'indiquer les routes qui ne semblent

pas entièrement parcourues ; & d'abord il s'en présente une où il reste beaucoup de chemin à faire , c'est la théorie des comètes. Chaque année en offre de nouvelles ; cette partie de nos recherches semble donc sans bornes. Sur soixante & quatre comètes qui ont été observées , & dont on a déterminé l'orbite & le mouvement , il n'y en a que quatre dont les révolutions soient connues & soupçonnées. Peut-être qu'une méthode analytique & exacte , comme celle de M. du Séjour , permettra de les mieux connoître , de les mieux comparer avec les observations , de discerner celles de ces comètes à qui une orbite parabolique peut suffire , & celles qui demanderoient une ellipse , en laissant soupçonner la période de leurs révolutions. Voilà un premier champ ouvert à la nouvelle génération dévouée à l'Astronomie.

Les satellites des planètes en offrent un second encore assez fertile. Quoique les satellites de Jupiter aient été constamment observés , leurs mouvemens calculés depuis plus d'un siècle , & en dernier lieu par MM. Maraldi & Wargentin , on peut dire que le mouvement du premier satellite est le seul qui soit bien connu ; celui du second offre encore de grandes irrégularités : & en ayant égard aux inégalités propres du mouvement , au changement des nœuds & des inclinaisons , aux variations qui en résultent sur la durée des éclipses , aux différences optiques qui affectent ces éclipses , on peut dire qu'il reste quelque chose à faire dans la théorie des deux premiers satellites , & que celle des deux derniers n'est qu'ébauchée.

La thorie des satellites de Saturne est toute neuve. On connoît leurs moyens mouvemens , on leur a soupçonné des inégalités qui n'ont pas été vérifiées. Cet abandon vient de

la difficulté de les observer ; ils ne sont tous visibles que par de très-fortes lunettes. Ces lunettes étoient jadis grandes & embarrassantes. Les observations qu'il faut répéter, ont besoin de plus de facilité ; mais les verres achromatiques ayant augmenté la force des courtes lunettes , & pouvant l'augmenter encore , il viendra peut-être un tems où cette carrière s'ouvrira devant les jeunes Astronomes.

Un objet de recherches commencées il y a une infinité de siècles, & qui n'est pas rempli, c'est la description du ciel & la nomenclature des étoiles. Hypparque & Ptolémée en avoient compté mille , dont les positions furent consignées dans un Catalogue. Flamsteed a augmenté considérablement cette nomenclature ; mais les Astronomes savent qu'ils apperçoivent tous les jours dans leurs lunettes beaucoup d'étoiles, qui ne sont point dans les Catalogues. Les comètes traversent souvent des parties du ciel qui n'ont pas été décrites , & rencontrent des étoiles dont la plupart sont inconnues. Flamsteed n'a donné que trois mille étoiles à la partie boréale du ciel ; M. de la Caille en a trouvé dix mille dans la partie australe. L'hémisphère qui nous est visible, doit être aussi riche que l'autre ; il en résulte que nous ne connoissons pas la moitié des astres qu'il renferme , même sans y comprendre ceux dont la petitesse échappe à l'observation. La description générale du ciel est donc encore un ouvrage à faire ; elle demande un observateur zélé. Si les horizons de Paris & de Londres , souvent couverts de nuages , ne laissent point assez de suite aux observations pour cette vaste entreprise , la France méridionale offre un ciel plus ferein & de plus belles nuits. Le projet de M. de la Caille étoit de s'y transporter , pour achever la description qu'il avoit commencée à l'extrémité du monde. Il aura sans doute quelque imitateur , qui héritera de

son zele & qui remplira son projet. Cet objet utile mériteroit les soins & la dépense du Gouvernement. Il est de la gloire de la France de finir, après deux mille ans, l'ouvrage ébauché en Egypte sous les Ptolémée, & de donner enfin aux hommes la carte détaillée des régions du ciel qu'ils ont sans cesse sous les yeux.

Quelques-unes de ces étoiles offrent deux phénomènes qui demandent d'être approfondis ; le premier est celui de leur mouvement propre. Les petites étoiles en ont-elles un comme les grandes ? Toutes les étoiles en ont-elles ? La réponse à ces deux questions demande les travaux de beaucoup d'hommes & de beaucoup de siècles. Le second phénomène est celui de la disparition périodique de quelques étoiles. Il est intéressant de déterminer ces périodes, d'examiner ou leur constance, ou leur variation. On pourroit même s'assurer si, comme on le suppose, ces disparitions tiennent à l'obscurité d'une partie de leur globe. On en tireroit des conclusions intéressantes sur la nature des soleils & des corps essentiellement lumineux ; il suffiroit de mesurer fréquemment la quantité de la lumière de ces étoiles (a). Supposons que par une première mesure, on ait trouvé qu'en réduisant cette lumière à une centième partie, elle cesse d'être sensible ; qu'ensuite, par une seconde mesure faite dans un autre tems, on trouve que cette lumière

(a) On peut mesurer la lumière des étoiles, comme nous avons mesuré celle des satellites de Jupiter, (Bailly, *Mém. de l'Acad. des Scien.* 1771). Nous avons depuis fait construire un instrument composé de deux volets de cuivre, qui s'approchent l'un de l'autre, tous deux mus par la même vis. Cet instrument placé devant l'objectif, peut diminuer à volonté l'ouverture, & d'une quantité qu'il est aisé de mesurer,

au moyen d'une division appliquée à l'instrument. Comme la lumière des étoiles est très-vive & difficile à éteindre, nous avons reconnu qu'il faut l'affoiblir, en plaçant devant l'objectif un verre plus ou moins coloré, ou toute autre chose qui intercepte une partie de la lumière. Les rapports n'en seront point altérés, quand on emploiera le même moyen pour toutes les étoiles.

devient insensible, lorsqu'elle est réduite à un cinquantième, on en concluroit que dans l'intervalle des deux observations, cette lumière a diminué de moitié; &, comme il est démontré que cette grande diminution ne pourroit tenir à aucun changement de distance, on en pourroit inférer que dans le premier cas, l'étoile offroit un disque entièrement lumineux, & que dans le second, une moitié seulement de ce disque étoit lumineuse & l'autre obscure. Nous ne disons point combien on pourroit varier ces observations; il est aisé de l'imaginer.

On pourroit mesurer ainsi la lumière de toutes les étoiles; ces mesures fourniroient un moyen de les classer plus exactement que par les caractères toujours incertains de leur grandeur apparente: & dans l'entreprise d'un Catalogue universel, ces mesures seroient placées à côté des positions des étoiles. Nous présumons qu'il sera possible de comparer leur lumière à celle du Soleil, soit par un moyen direct qui sera découvert, soit par une observation intermédiaire. On a déjà le rapport de la lumière de la Lune à celle du Soleil. La lumière des étoiles peut être facilement comparée à celle des satellites de Jupiter; il ne s'agiroit plus que de comparer ces satellites à la lune, & l'on auroit les proportions de la lumière directe ou réfléchie de tous les corps de l'univers. A ces expériences faites sur la lumière en masse, on pourroit en ajouter de semblables sur les rayons qui la composent (a).

(a) On pourroit tenter cette expérience avec des verres différemment colorés, en rouge, en violet, en vert, en jaune, tous de même grandeur, éclairés par derrière, & placés à une assez grande distance pour être vus dans une lunette comme des points lumineux & colorés. Alors, au moyen de

la méthode que nous avons proposée dans les Mémoires de l'Académie pour 1771, on diminueroit l'ouverture de la lunette, jusqu'à ce que les points lumineux devinssent invisibles; & ces expériences comparées donneroient les rapports d'intensité des différentes couleurs.

La lumière de quelques étoiles est colorée; cette couleur peut produire des phénomènes qu'il est utile de connoître. M. du Séjour soupçonne que la réfraction des étoiles pourroit en être altérée. Ce phénomène délicat & très-difficile à saisir, seroit infiniment curieux.

Ces mesures pourroient encore s'étendre au cinquieme satellite de Saturne, qui disparoît dans une partie de son orbite, & à l'anneau même qu'on perd de vue lorsque l'on ne le voit plus que par son épaisseur. On pourroit déterminer quelles seroient les lunettes qu'il faut employer pour voir toujours ce satellite, & pour ne perdre l'anneau de vue que dans les cas où nous sommes au-dessous de sa partie éclairée. On pourroit ainsi estimer l'épaisseur de cet anneau, en comparant la lumière de sa surface à celle de son épaisseur; & puisque l'étendue de cette surface est connue, celle de l'épaisseur le seroit également.

Si les lunettes se perfectionnent, si leur force est considérablement augmentée, on décidera la question de la rotation de Vénus. On découvrira celle de Saturne, & peut-être celle de Mercure même; on fixera les loix de cette rotation déjà soupçonnée par M.M. de Mairan & de Goinpi (a). Il est possible que les mêmes causes qui ont donné le mouvement à l'univers, en assujettissant les révolutions périodiques à des loix générales, aient enchaîné les révolutions diurnes par des loix semblables. Une autre recherche importante est celle qui auroit pour objet la figure de la terre, & la dissimilitude ou la ressemblance de ses méridiens; mais cette recherche dépend d'opérations qui ne peuvent être que l'ouvrage des Princes &

(a) Mairan, Mém. de l'Acad. des Scien.
1729, p. 41.

M. le Chevalier de Goinpi, Journal des
Sav. Janvier 1769.

des Gouvernemens. L'histoire en indique l'utilité ; c'est aux Puissances à en ordonner l'exécution.

Quant aux phénomènes , aux observations qui ont besoin d'être réunies pour établir par leur concours certains résultats, tels que le moyen mouvement des planetes , la grandeur de leurs orbites , leur excentricité , le mouvement des nœuds & des apsidés , l'angle d'inclinaison des orbites , ces déterminations ont été commencées il y a plus de deux mille ans ; chaque siècle , chaque observation particulière les perfectionnent , & comme tout paroît destiné à changer dans la nature , comme le mouvement des corps célestes & de leurs orbes paroît susceptible d'altération , ou du moins de variation , il y a du travail pour toutes les générations ; & ce sera l'ouvrage de la durée. Le mouvement des apsidés & des nœuds de certaines planetes , la variation de leurs inclinaisons & de l'inclinaison de quelques satellites , l'accélération du moyen mouvement , & la question des équations séculaires ou périodiques , ou toujours croissantes , demandent des siècles pour être complètement déterminés.

Ainsi , à l'exception de quelques objets particuliers , plus ou moins difficiles & plus ou moins praticables , les travaux actuels de l'Astronomie consistent à revenir sur les déterminations anciennes , à les rechercher , pour ainsi-dire , comme un artiste qui polit son ouvrage , ou à attendre du tems l'occasion d'avancer par quelques progrès ; mais ce tems vient avec une lenteur qui nous décourage. On ne fait plus que de petits pas dans cette route , où on a été accoutumé d'en faire de grands ; il est même des intervalles & des repos involontaires. Le génie peut être rebuté de cette marche lente , ou s'endormir dans une inaction forcée. L'homme , qui vit peu , ne réussit à imiter la nature qu'en épargnant le tems qui lui

manque sans cesse ; il faut qu'il la réduise , qu'il s'en fasse un tableau abrégé , tant pour l'espace que pour la durée : il a toujours besoin de comparer ce qu'il a pensé à ce que la nature a fait , ou à ce qu'elle doit faire. Mais cette comparaison devient de jour en jour plus vaste , elle fatigue par son étendue , & surcharge par sa complication. Il n'y a point de recherche astronomique , qui ne nécessite aujourd'hui une infinité de calculs pénibles. L'esprit les compare pour en tirer des résultats ; mais dans les calculs même , l'esprit n'a rien à faire. Il faut donc que la patience commence l'ouvrage du génie : alors on pèse le succès avec la peine , & les travaux qu'il doit coûter ; s'il est incertain , on y renonce ; un succès manqué empêche d'en tenter un autre. Les hommes sont doués de facultés différentes : les uns naissent patients , & pour le travail ; ils marchent dans cette route obscure avec constance , ils avancent peu sans se décourager. Les autres , qui ont reçu le génie , ont une ardeur qui a besoin d'être entretenue par les succès. Lorsque le génie ne peut rien sans la constance des longs travaux , lorsqu'il faut réunir ces deux qualités que la nature a presque toujours séparées , la science n'a plus que de foibles progrès , & peut même devenir stationnaire. Les hommes qui ont des vues , négligent de les vérifier ; & ceux qui n'ont point de vues , naissent & meurent à peu-près à la même place. La considération des causes a le même inconvénient & les mêmes difficultés. Tous les grands problèmes ont été résolus , ou par Newton , ou par ses successeurs. Si dans plusieurs de ces problèmes on n'a obtenu que des solutions approchées , elles sont l'ouvrage des Géomètres les plus habiles ; & on est forcé d'en conclure que les solutions rigoureuses sont impossibles , du moins avec les moyens présents. Tant que ces moyens ne changeront pas , nous ne pouvons

pas espérer mieux. Les méthodes d'approximation ont pu être suffisantes dans les grandes recherches, quand il fallu calculer & sommer des effets particuliers pour en composer un effet considérable, & représenter un phénomène très-sensible, tel que le dérangement de la Lune, le mouvement de ses nœuds & de ses apsidés, les perturbations de Saturne, de Jupiter & de ses satellites, la précession des équinoxes, &c. La théorie se trouve assez d'accord avec l'observation sur la quantité de chacun de ces phénomènes, parce que la cause est vraie, & que la méthode tend à déterminer ces effets. Mais la méthode approche sans atteindre, il y a toujours une distance entre le résultat & la vérité. Quelque petite que soit cette distance, si la quantité cherchée est elle-même très-petite, elle peut se trouver dans ces limites, & hors de notre portée. C'est ce qui nous arrive peut-être, lorsque nous descendons dans les détails des choses, lorsque nous estimons une force élémentaire, d'où résulte un léger effet qui ne peut devenir sensible que par l'accumulation. Les dérangemens de Jupiter & de Saturne en sont un exemple. Ce petit effet a pu se perdre dans les quantités négligées; il ressemble à ces corpuscules que la vue distingue à peine, & que nos instrumens grossiers ne peuvent saisir. La nécessité de les manier demande un nouvel instrument, un instrument dont la sensibilité réponde à la ténuité de ces corpuscules, & dont les pointes subtiles puissent embrasser leur petitesse.

Dans l'état actuel où est l'Astronomie, sous un ciel où presque tout est connu, nous ne serons bientôt plus que les témoins des phénomènes périodiques que le tems ramene & renouvelle sans cesse; & si l'amour de la science subsiste, si nous sommes assez constans pour les suivre, chaque siècle ajoutera un petit degré de perfection aux connoissances acquises, &

L'Astronomie suivra lentement la nature, en l'approchant sans cesse, comme ces lignes assymptotiques, qui serrent toujours une courbe de plus en plus près, sans jamais la toucher. On ne peut rendre à l'Astronomie des progrès rapides que par une révolution dans ses moyens & dans ses méthodes. Ces nouveaux moyens, ces nouvelles méthodes changeront, pour ainsi dire, la nature, en la présentant sous un nouvel aspect, en mettant à portée de voir plus loin & plus profondément. Il faudroit que l'Astronomie devînt une science neuve; la nouveauté produit la curiosité, & le génie s'anime par la facilité des découvertes. C'est cette facilité qui tourne tous les esprits vers les sciences encore peu cultivées; la curiosité & l'amour de la gloire y trouvent l'aliment qui leur est nécessaire. De-là cette espece de mode que les sciences éprouvent comme toutes les choses humaines. Les gens de génie s'y portent, parce qu'ils y trouvent des succès; les gens du monde s'en occupent, parce qu'ils sont avides des connoissances nouvelles. L'Astronomie devenue plus intéressante par les vues de Galilée, de Dominique Cassini, de Halley, fut la science du dernier siecle. Au milieu de celui-ci, les applications brillantes du principe de Newton, firent prendre un nouvel effort à la géométrie.

La révolution que nous demandons ne peut avoir lieu que dans les instrumens; car si nous ne changeons point d'organes, nous verrons toujours la nature comme nous l'avons vue. Il faut demander au tems & au génie une méthode générale d'intégration, un autre procédé de calcul qui nous débarrasse des approximations, ou qui du moins les rende & plus sures pour ne point laisser de doute, & plus subtiles pour qu'elles puissent aller plus loin. Les nôtres semblent avoir fait tout ce qu'elles peuvent faire; aujourd'hui nous n'avons plus

à chercher que de petites quantités qu'il faut atteindre avec les mêmes moyens, qui ont réussi pour des quantités plus sensibles. Les obstacles, les erreurs se multiplient, les difficultés de calcul hérissent chaque question, & la solution peut se perdre dans leur incertitude.

Quant aux instrumens de l'Astronomie pratique, ceux de la mesure du tems ne paroissent pas susceptibles d'être sensiblement perfectionnés. Le pendule marque l'intervalle d'une seconde, l'oreille partage facilement cet intervalle en deux parties; mais une portion de la durée, plus petite qu'une demi-seconde, ne seroit point saisie par l'organe. Les instrumens pour mesurer l'espace, sont également portés à une grande perfection, ou du moins les légères améliorations qu'ils peuvent recevoir, ne changeront point l'état des choses. Mais nous voyons dans certaines mesures astronomiques, faites pour concourir ensemble, un défaut de correspondance & d'égalité, qui peut être dénoncé à l'esprit inventeur. Quand l'Astronomie veut déterminer la position d'un astre dans le ciel, elle y atteint en mesurant la déclinaison & l'ascension droite de cet astre. La déclinaison est mesurée par un quart de cercle qui ne comporte qu'une erreur de deux à trois secondes de degré; l'ascension droite est obtenue par la comparaison des tems (a) : il en peut résulter une erreur d'une seconde, qui répond à quinze secondes de degré. La première mesure a une précision cinq fois plus grande que la seconde. Il faudroit donc, pour l'avantage de l'Astronomie, que le second moyen montât au niveau du premier. L'emploi du tems, dans les mesures astronomiques, a fait une première révolution dans

(a) *Suprà*, Tome II, p. 293.

la science , peut-être que pour en obtenir une seconde également utile , il faudroit l'en bannir aujourd'hui ; c'est au génie à en trouver les moyens. Qui fait si avec des instrumens tels que les nôtres , il ne seroit pas avantageux de revenir à la mesure des distances aux étoiles , comme on le pratiquoit jadis , ou à des cercles entiers d'airain , à de grandes armilles garnies de lunettes , de micrometres , de limbes parfaitement bien divisés , & où l'on auroit directement , par des moyens semblables & égaux , l'ascension droite & la déclinaison.

Le télescope peut lui seul opérer une révolution & un grand progrès dans nos connoissances. Lorsqu'il a été découvert , il a prolongé notre vue à une distance immense , & nous a transportés dans des mondes nouveaux ; nous avons vu tout ce qui est compris dans les limites de la puissance de cet instrument. Mais l'univers a d'autres espaces , & en doublant de toutes parts , dans la sphère qui nous entoure , la puissance de cet instrument , nous augmenterons huit fois les domaines de l'organe de la vue. Les verres achromatiques nous permettent cette espérance ; il ne s'agit que d'atteindre la perfection dont ils sont susceptibles. L'Astronomie demande qu'on encourage les Chimistes à découvrir le secret du flint-glass , & les artistes à travailler de grands verres. L'astre , qui nous occupe maintenant , cet astre qui est peut-être une planète , semble nous indiquer que Saturne n'est pas la dernière de notre système ; il y en a peut-être beaucoup d'autres , ou jusqu'à présent invisibles , ou jusqu'à présent confondues avec les étoiles fixes. Il peut résulter de cette perfection du télescope , un aggrandissement du système solaire , une confirmation des loix connues , peut-être de nouvelles loix & de nouveaux phénomènes , enfin des travaux & des succès pour l'esprit humain.

Pour nous, qui avons conduit son histoire jusqu'à nos jours, nous nous estimerons heureux, si nous avons bien saisi sa marche, si nous avons été clairs dans l'exposition de ses principes, si nous avons été fidèles dans l'attribution des découvertes à leurs véritables auteurs, & si envers nos contemporains nous avons été aussi exempts de prévention, & aussi justes que nous desirions de l'être.

CONTENS DANS CE VOLUME.

F I N.

D. Discours I. Des nouveaux Progrès de l'Astronomie, page 1.

II. Suite des Progrès de l'Astronomie.

III. Des Progrès de la Géométrie, & de son influence sur l'Astronomie.

IV. Conjectures & Opinions diverses.

V. Des Constellations & des Signes du Zodiaque.

VI. Résumé général.

Posterioribus, qui avoient conduit son histoire jusqu'à nos jours.

Il est à regretter que nous n'ayons pu en faire un plus grand usage, & que nous n'ayons pu en faire un plus grand usage.

Il est à regretter que nous n'ayons pu en faire un plus grand usage, & que nous n'ayons pu en faire un plus grand usage.

Il est à regretter que nous n'ayons pu en faire un plus grand usage, & que nous n'ayons pu en faire un plus grand usage.

Il est à regretter que nous n'ayons pu en faire un plus grand usage, & que nous n'ayons pu en faire un plus grand usage.

Il est à regretter que nous n'ayons pu en faire un plus grand usage, & que nous n'ayons pu en faire un plus grand usage.

Il est à regretter que nous n'ayons pu en faire un plus grand usage, & que nous n'ayons pu en faire un plus grand usage.

T A B L E D E S D I S C O U R S

CONTENUS DANS CE VOLUME.

D ISCOURS I. <i>Des nouveaux Progrès de l'Astronomie</i> , page 1.	
II. <i>Suite des Progrès de l'Astronomie</i> ,	57.
III. <i>Des Progrès de la Géométrie, & de son influence sur l'Astronomie</i> ,	134.
IV. <i>Conjectures & Opinions physiques</i> ,	213.
V. <i>Des Constellations & des Signes du Zodiaque</i> ,	271.
VI. <i>Résumé général</i> ,	315.

TABLE GÉNÉRALE

DES MATIÈRES

*Pour les quatre volumes de l'Histoire de l'Astronomie
ancienne & moderne.*

*La lettre A indique l'Astronomie ancienne, la lettre M l'Astronomie
moderne, le chiffre romain le volume, & le chiffre arabe la page.*

A

ABBAS, M. I. 158.

Abdalla, M. I. 583.

Aben Ezra, M. I. 600.

Aben Ragel, M. I. 603.

Aberation des étoiles, M. II. 670.

Aberation de réfrangibilité, ou Iris,
M. II. 254. Obstacle à la perfection
des lunettes, 558. Détruite par les
verres achromatiques, III. 118.
Théorie de M. Clairaut, *ibid.*, de
M. d'Alembert, *ibid.*

Aberation de sphéricité dans les lu-
nettes; Descartes propose de la dé-
truire par des verres hyperboliques,
M. II, 199.

Abu Hamed, *Saganiensis*, M. I. 599.

Abubater, M. I. 599.

Abu Joaffer Alchazan, M. I. 599.

Tome III.

Abulfadus, M. I. 599.

Abulfeda, Géographe Arabe, M. I.
147, 603.

Abul Raffi Albuziani, M. I. 599.

Abultibus, M. I. 580.

Académies, leur utilité, M. II. 249.

Celles de Londres & de Paris, 251.

Leurs travaux, 337. Différentes
Académies en Europe, 678.

Accélération de la chute des corps,

M. II. 78. Loix soupçonnées par

M. Varro, *ibid.*, découvertes par
Galilée, 80.

Achilles Tattius, M. I. 207, 447;
573.

Achromatiques, *voyez* Verres.

Adonis, A. 104, 325. Sa fête se trouve
en Suede, M. I. 292.

X x

- Adraſte, M. I. 472.
- Aduar (période) M. I. 585.
- Age, les quatre âges des Indiens, A. 108. Le dernier eſt une époque chronologique & aſtronomique, *ibid.*
- Agelet, M. III. 133.
- Agrippa, M. I. 134, 503.
- Ahmed, M. I. 580.
- Ahmed al Merouzi, M. I. 586.
- Ailli (Pierre d') M. I. 390.
- Aimans, les globes ſont des aimans, ſuivant quelques philoſophes, M. II. 61.
- Aires, proportionnelles au tems. Première loi de Kepler, M. I. 68. Albert Curtius les adopte le premier, 144. Mais il place l'uniformité dans un des foyers, *ibid.*
- Akuar (période) M. I. 585.
- Albategnius, Aſtrônôme Arabe, M. I. 228, 592.
- Albert Curtius, M. II. 144.
- Albert le Grand, M. I. 302.
- Alboazen, M. I. 603.
- Albumazar, M. I. 224, 583; M. II. 236.
- Alcabitius, M. I. 603.
- Al Calathi, M. I. 606.
- Al Calvini, M. I. 606.
- Alembert (d'), M. II. 525, 558, 566. Sa théorie de la figure de la terre, III. 46. Des verres achromatiques, 118. Reſout le problème des trois corps, 141, 153, 156. Sa ſolution du problème de la préceſſion des équinoxes, 157. Ses recherches ſur les vents, 162; ſur les mouvemens de l'axe de la lune, 166; ſur les comètes, 194. Cité, 204, 226.
- Alexandre d'Ephèſe, M. I. 118.
- Alexandrie, Ecole, commence avec Ariſtille & Tymocharis, M. I. 8. Sa gloire finit avec Ptolémée, 206. L'Evêque de cette ville regle la Pâque, 208. Détruite par les Arabes, 211. Sa poſition déterminée par Chazelles, II. 353.
- Alfakr, M. I. 606.
- Alfergan, Aſtrônôme Arabe, M. I. 226, 580, 585.
- Alhazen, M. I. 237, 600.
- Alidade, premier & le plus ingénieux des inſtrumens, M. I. 54. Alidade double, origine du quart de cercle, 55.
- Ali Kuſgius, M. I. 610.
- Alis, M. I. 580.
- Allemagne, l'Aſtronomie européenne y commence, M. I. 308.
- Alignemens; méthode des alignemens; la première qu'on employa pour obſerver le lieu des aſtres, M. I. 9. Waltherus s'en fert, 320.
- Almageſte, ouvrage de Ptolémée, a contribué à faire diſparoître les ouvrages plus anciens, M. I. 12, 170, 565.
- Almagrebi, M. I. 606.
- Almamon, Calife, M. I. 220. Reſtaurateur de l'Aſtronomie chez les Arabes, 221, 587.
- Almanzor, Calife, M. I. 220.

Almaraghi, M. I. 606.
 Almeon, ou Almanzor, M. I. 602.
 Almoïada, M. I. 600.
 Aloisius Luillius, M. I. 391.
 Alpetragius, M. I. 242.
 Alphonse X, M. I. 298. Sa fin, 301.
 Alfuphi, M. I. 259, 596.
 Altorf; son observatoire, M. II. 208.
 Amérique, entièrement ignorante en
 Astronomie, M. I. 285. Elle con-
 serve cependant quelques traits de
 ressemblance avec l'ancien monde.
 Elle y tient peut-être par le nord &
 a pu recevoir par là ce peu de lu-
 mière, 288.
 Amort (Eusebe) M. II. 651.
 Anatolius, règle la Pâques, M. 208,
 570.
 Anaxagore, accusé de s'être approprié
 des opinions anciennes, A. 205.
 Anaximandre, A. 197, 442. Inventeur
 des cartes géographiques, 198.
 Anaximènes, A. 200.
 Anciens, avoient peu de communi-
 cation les uns avec les autres. A. 134.
Voyez Communication.
 Andromaque de Crete, M. I. 503.
 Andrujager, M. I. 579.
 Anneau de Saturne, apperçu comme
 des anses par Galilée, M. II. 92.
 Comme deux globes par Hévélius,
 225. Reconnu par Huyghens, 228.
 Deux causes pour sa disparition, 234.
 Observé, 391. Ses dimensions, 400.
 Sa duplication, 402. On croit qu'il
 est composé de satellites, 405. Ob-

servé par Maraldi, 585. Ses anses
 ne sont pas dans le même plan,
ibid. Ses nœuds déterminés, *ibid.*
 Maraldi trouve une troisième cause
 de sa disparition, 586. Points lumi-
 neux vus dans les anses, 587. Théorie
 de M. du Séjour, III. 200. Ex-
 plication de sa formation par M. de
 Maupertuis, 216, par MM. de
 Mairan & de Buffon, 217. Il est
 composé de plusieurs zones, 218,
 doit avoir une rotation 219. Moyen
 de mesurer sa lumière, 336.

Année, révolution, A. 9. Les diffé-
 rentes especes d'années sont la cause
 des différences des chronologies. Di-
 verses sortes d'années en usage en
 Egypte & ailleurs, 158; de six mois
 au Chamchatka, 103, 325; à la
 Chine, 343; en Grece, 420. De
 quatre mois; leur origine supposée,
 104, 159, 325, 420. De trois mois
 inventée par Horus, 159, 397,
 522. De deux mois en Egypte, 158;
 en Arabie, M. I. 216; au Mexique,
 288; en Chine, 626. De vingt-
 huit jours, A. 295. D'un jour, 144,
 295, 273. D'une nuit, 295. De
 quart de jour & de plus petites di-
 visions du tems, 296.

Année bissextile, aux Indes, A. 113;
 à la Chine, 349.

Année civile, vague en Egypte, A.
 162. L'année religieuse & l'année
 rurale produisent la période sothi-
 que, 163. De 360 jours en Egypte,

161, 399. En Grece, 192, 432. continuée encore après le cycle de Méthon, 452. Année olympique, 193, 434. De dix mois chez les Romains, 194, 435; & au Chamchatka, *ibid.* Commence chez les Chinois au solstice d'hiver, 123, 347, 521; M. I. 618; & chez les Grecs, A. 442; dans l'île de Zea, au lever de la Canicule, 435; en Béotie, au lever des Pléiades, 478. Sa réformation par Solon, 193; par Numa, 194; par Philolaüs, 220; par Cœnopide, 221; par Cléostratè, 223; par Harpalus, 224; par Méthon, *ibid.*; par César, M. I. 127. année de quatre cent quarante-cinq jours, M. I. 494. Fin de l'année vague des Egyptiens, 499.

Année lunaire de douze mois, A. 33.

Connue avant le déluge, 64, 307. En Grece, 189; en Italie, 194, 436. En Egypte, 397. En Arabie, M. I. 216.

Année sidérale, connue aux Indes, A. 110. A Babylone, 392. D'Aristarque, 449; de Thébit, M. I. 227; 591; d'Ulug-Beg, 612; des Siamois, 614.

Année solaire, A. 35. Partagée en quatre saisons, 45. Connue avant le déluge, 64, 307. Déduite de la période de six cents ans, 66. Connue très exactement des Indiens, 111. Ancienne à Babylone, 132; en Chaldée, 149; en Egypte, 162; En Suede, 324; en Italie, 194,

436. Connue très-exactement des Perfes modernes, M. I. 250. Déduite par nous de la grande année d'Aristarque, 449; & de la période de six cents ans, 451. Comment déterminée par Hypparque, 85, 469. Successivement perfectionnée à la Chine, 616, 618, 635.

Année, sa diminution soupçonnée par les anciens, A. 219. Paroit être prouvée par le fait, 313. Soupçonnée par Hypparque, M. I. 471; par Copernic, 356; par M. Euler, & par nous, III. 234. A pu être altérée par une comete, 243.

Année (grande), A. 66. *Voyez* aussi Période. Ce que c'étoit que les grandes années des anciens, 251. Servoient à l'Astrologie naturelle & à l'Astrologie judiciaire, 265, 271. Anses. *Voyez* Anneau.

Antérieur, peuple; presque toutes les connoissances astronomiques de l'antiquité lui appartiennent, A. 62. Il est sans doute l'auteur de toutes les connoissances détaillées dans le troisieme livre, & qui ont été acquises avant l'époque du déluge, *ibid.* Preuves; 1°. les planetes qui président aux jours de la semaine, sont placées dans le même ordre chez tous les anciens peuples connus, *ibid.* 2°. Intercallation d'un jour tous les quatre ans, 69, 113, 349. 3°. La division sexagésimale, 70. 4°. Les deux divisions du zodiaque, 72

5°. La connoissance du mouvement des étoiles en longitude , 76. La mesure de la terre , 77. M. I. 155 , 158 , 162 , &c. 6°. L'usage d'orienter les bâtimens , A. 81. Les usages & les superstitions , 84. Les mesures itinéraires , 85. M. I. 153 & suiv. 7°. La musique , A. 85. 8°. Le vrai système du monde , 86. 9°. Le mouvement de la terre , 116. M. I. 23. 10°. Par l'accord des chronologies , A. 295. 11°. par l'usage universel des périodes de douze, de dix-neuf, de soixante, de six cens ans, &c. 12°. Par la distance infinie des étoiles , enseignée par Aristarque , M. I. 24 ; par la distance mesurée du soleil , 40 & 100 ; par les observations perdues , 84 ; par l'opinion du retour des comètes , 132 ; par l'ensemble des mesures anciennes , 153 ; par la communication de ces mesures , 160. Ce qu'il faut pour juger notre opinion sur ce peuple , 162. On ne fait point de tort aux modernes , 163. Les Tables des Indiens , des Siamois , des Perses , témoignent pour l'Astronomie de ce peuple , 253. Connoissance du mouvement de la terre chez les Grecs , les Indiens & les Chinois , vient évidemment du peuple antérieur , 272. On en doit dire autant de la mesure de la terre & de l'inégalité des degrés , connues à la Chine , 274. Tous les différens procédés astrono-

miques de l'Inde , de la Chine , de Perse , de Siam qui ne se ressemblent point , prouvent que les lumières de ce peuple ont été grandes , 284. La manière dont le vrai système du monde a été conçu par Copernic , montre comment il a dû être imaginé par les anciens , 364. Ce peuple a été soupçonné par un philosophe , 317 , prouvé par l'opinion du retour des comètes , II. 310.

Antheaume , M. III , 118.

Antiborée , espece de cadran , M. I. 75.

Antigonate , espece de cadran , M. I. 75.

Antinoüs , constellation de Ptolémée , M. I. 199.

Antipodes annoncées par Pythagore , A. 217.

Antiquité de l'Astronomie , A. III. 79.

Antiquité des peuples , marquée par un nombre prodigieux d'années ; quelle en est la source , A. 90. On peut ramener ces nombres prodigieux à des nombres vraisemblables , 9 , 295 & suiv.

Antonio (don) de Alzate , M. III. 132.

Aphélie , M. II. 292 ; méthode de J. Cassini , 584.

Aphrodisius , A. 467.

Apia , nom de la terre , A. 326.

Apogée du soleil , connu des Indiens , A. 334. Son mouvement découvert

- par Albategnius, M. I. 229, 595.
Méthode de D. Cassini pour déterminer sa position, II, 315. Louville nie ce mouvement, 633.
- Apogée de la lune & son mouvement connu en Chaldée, M. I. 140. La théorie enseigne qu'il doit se mouvoir, M. II. 507, *voyez* apfides. Elle ne semble d'abord donner que la moitié du mouvement, III. 150. Elle le donne tout entier, 154.
- Apollinaris, M. I. 476.
- Apollonius de Perge, Géometre Grec, M. I. 145, 462.
- Apollonius Mindien, A. 248, 466.
- Apparitions des planetes, ce que c'est, A. 55. Observées en Chaldée, 143.
- Appian, M. I. 366; M. II. 634.
- Appien, M. I. 385.
- Applatiffement de Jupiter, M. II. 327; de la Terre, annoncé par Newton & par Huyghens, M. II. 512. Observations contraires en France, 637. Burnet explique l'applatiffement supposé à l'équateur, 639. M. de Mairan veut tout concilier, 641. Desaguilliers attaque la conciliation, 642. Applatiffement conclu de la mesure des degrés, III. 33, 39. Il paroît n'être que de $\frac{1}{300}^e$, 50. Des planetes, 53; du soleil 55.
- Approximation, esprit de ces méthodes, M. III. 147. Leur défaut, 149. Perfectionnées, 156. Doutes sur ces méthodes, 245, 250.
- Apfides, la ligne des apfides des planetes passe par le centre du soleil, M. II. 74. Immobiles suivant Newton, 502. Celles de la lune prouvent par leur mouvement la réciprocity de l'attraction, *ibid.* Ce mouvement naît de la théorie, 507. Celles des planetes paroissent se mouvoir, 582. Celles des satellites se meuvent, III. 67. Les apfides de toutes les orbites sont en mouvement, 171.
- Arabe. L'étude de cette langue seroit nécessaire à un Astronome, A. 143. Antiquité de ces peuples, M. I. 214. Ils adoroient les astres, 215. Ont observé les levers & les couchers des étoiles, *ibid.* Heureusement placés pour s'éclairer, 218. Jugés, 246. Leurs ouvrages cités par d'Herbelot, 604. Leurs manuscrits, 644, 645.
- Aranea, espece de cadran. M. I. 70.
- Aratus, poète de l'Astronomie, M. I. 13. Son ouvrage, 14, 446. A copié Eudoxe, 446.
- Archelaüs, A. 206.
- Archimede, Géometre & Astronome Grec, M. I. 44.
- Arctique, cercle, ce que c'est, M. I. 490.
- Arcy (le Chevalier d') M. II. 525.
- Argonautes, leur voyage a commencé à éclairer la Grece, A. 185, 189.
- Aristarque, Astronome Grec, M. I. 15. Le premier suivit un plan pour les progrès de l'Astronomie, 16. Sa grande année, 449. Son ouvrage, 458.
- Aristarque, tache de la lune, M. II. 387.

Aristille, Astronôme Grec, M. I. 8.

Ses ouvrages sont perdus, 12.

Aristophane de Bizance, M. I. 446.

Aristote, A. 244, 462.

Armillés, cercles de cuivre, espece de sphere, leur invention, A. 41. En usage à la Chine, 120; chez les Chaldéens, 150. Renouvelées à Alexandrie, M. I. 12; sans doute par Eratosthenes, 33. Le nom fut donné à Alexandrie, 57. Manière d'observer avec les armilles, 59. Leur nécessité pour les anciennes observations, 444.

Arpent, mesure connue à la Chine, M. I. 524.

Arquier (d') M. III, 133.

Arretes Dirrachinus, A. 468.

Artemidore, A. 467.

Arzachel, Astronôme Arabe, M. I. 235, 599.

Ascension, droite, ce que c'est, M. I. 11. Mesurée par les tems & par les horloges, 375. Tycho s'en servoit pour connoître le tems, 400. Méthode de l'observer, II. 293.

Asie, voyez Orientaux.

Aspareze, voyez Stade.

Astres; leur mouvement journalier apparent fut le premier connu, A. 24. Se mouvoient dans des vaisseaux, selon les anciens, 139. Selon Anaxagore, ils ont eu d'abord un mouvement irrégulier, 204. Astres, séjour des Dieux, doivent avoir un mouvement régulier, suivant Py-

thagore, 210. Musique des astres de ce Philosophe, 214. Platon propose d'expliquer leur mouvement par le mouvement circulaire, 236. Animés, conduits par des intelligences, 245. Leurs influences, d'où en est venue l'idée, 266. Astre qui doit tomber sur la terre, suivant les Perses, 356. Leur grandeur estimée par Anaximandre, 442. Instrumens du tems, 459. Mus par des loix semblables, suivant Hypparque, M. I. 97. Leur grandeur à l'horizon, mal expliquée par Possidonius, 119. Bien expliquée par Ptolémée, 203. Ils ont besoin de voir clair pour marcher, 245. Les exhalaisons en forment; celles des planetes sont les cometes; celles des étoiles forment des étoiles nouvelles, suivant Tycho, 385. Expression de la volonté de Dieu, suivant Tycho, 431. L'homme leur est soumis, 435. Leur grandeur par Ptolémée, 542. Alhazen les croit plus petits au zénith, 601. Leur grandeur à l'horizon, expliquée par Mallebranche. M. II. 379.

Astrolabe, M. I. 157. Voy. Armilles. Sa description, 58; de Sinesius, 573. Voyez Planisphere.

Astrologie judiciaire, honorée à la Chine, A. 125; en Chaldée, 152, 362; en Egypte, 169. Méprisée par Endoxe, 244. Ce que c'est, 262. Née de l'Astrologie naturelle, 267;

& du matérialisme, 268. Son absurdité, 279. A peut-être introduit les figures d'hommes dans le ciel, 47, 504. Séparée de l'Astronomie par Geminus, M. I. 134. Lui & Seneque pensoient qu'elle pouvoit prédire l'avenir, 136. Elle annonce le sort des hommes & des empires, 138. Chez les Arabes, 223. Prédit la durée des religions, 225. La fin du monde, 245. Défendue par Roger Bacon, 306. Tycho y croyoit, 426. Il la defend, 429. L'homme est soumis aux astres, 435. Seneque y croyoit, 503. Képler la regarde comme une maladie de l'esprit humain, II. 33; lui-même n'en étoit pas tout-à-fait guéri, 35.

Astrologie naturelle, ancienne dans l'Inde, A. 117; à la Chine, 121; en Chaldée, 144. Elle est fondée sur les observations du lever & du coucher des étoiles, *ibid.* Ce que c'est, 262. Est la source de la divination & des oracles, 523.

Astrologues, chassés de Rome, M. I. 139. En titre auprès des Princes, 428.

Astronomes, punis à la Chine, A. 125. En grande considération en Perse, M. I. 257. Leurs fonctions, M. II. 280. Mérite d'un véritable Astronome, 304. Est le guide du Géometre, 630. M. de la Caille en est le modele, III. 100.

Astronomie, inventée par la curiosité de l'homme, A. 1. Inventeurs con-

nus, ou premiers Astronomes cités, 2 & 4. Son antiquité en Egypte & chez les différens peuples connus, paroît être de trois mille ans, 11. Elle a été communiquée aux peuples connus, 16; & cultivée auparavant chez un peuple antérieur, 18. Elle a dû précéder l'époque du déluge, 20; & au moins de quinze cens ans, 21. Devient la mesure du tems, 32. Les mêmes découvertes ont été faites plusieurs fois, 58. Astronomie antediluvienne, ou la plus ancienne, 61. Epoque la plus ancienne de l'Astronomie paroît être celle de quatre mille six cens ans avant notre ère, 79. L'Astronomie & les lumières sont venues des contrées plus septentrionales que la Chaldée & la Chine, 95. Voy. Nord. Etablie dans l'Inde trois mille cent un an avant notre ère, 108. A la Chine deux mille neuf cent cinquante deux ans avant la même époque, 119. Elle y est interrompue, 127. Renouvelée à Babylone, 133. Elle subit une réforme en Chaldée quinze ou seize siècles avant notre ère, 136, 145. Etablie en Ethiopie trois mille trois cent soixante-deux ans avant notre ère, 159. En Egypte deux mille huit cent quatre-vingt-sept ans avant notre ère, 164. Elle y tombe en décadence, 180. Elle est très-moderne chez les Grecs; elle y date de quatorze siècles avant J. C.

183. Elle est toute en opinion chez les Grecs, 202. Son état au tems de Platon, 235. A été soutenue par l'Astrologie, 261. L'Astronomie est la plus ancienne, *ibid.* Connoissances astronomiques au tems d'Homere, 431, 440. Astronomie recommencée à Alexandrie, M. I. 2. Elle y prend un but certain & une marche sûre, 9. Est enrichie de nouvelles vues par Aristarque, 16; par Eratosthènes, 33. Développemens suivis, 48. L'Astronomie développée, fondée par Hypparque, 78. Non cultivée à Rome, pourquoi, 140. A dissipé la crainte des éclipses, 182. Les éclipses prédites montrent la certitude de ses moyens, 187. Eteinte à Alexandrie, elle passe en Arabie, 220; puis en Perse, 250; chez les Tartares, 254. Lieoupang la renouvelle à la Chine, 262. Sa décadence jusqu'à l'arrivée des Jésuites, 280. Récente à Siam, 283. Etablie en Europe, 291, en Allemagne, 308. Réformée par Tycho, 388. Cultivée un moment en Egypte au dixieme siecle, 597. Son état à la Chine trois cens ans avant notre ère, 616. Etablie en Italie, II. 79; en France, 169; en Angleterre, 208. L'histoire de ses progrès actuels a des dangers pour l'historien, III. 4. Ses accroissemens n'auront de bornes que celles du tems, 80. Ce qu'elle auroit fait sans la Géo-

Tome III.

métrie, 209. Ce qu'elle a fait avec ce secours, 210. Astronomie moderne supérieure à l'ancienne, III. 323, 329 Ses succès ne peuvent être prévus; mais on peut marquer quelques-unes des choses qui lui restent à faire, 330. Ses succès actuels ne peuvent être que lents & difficiles, 337. Il lui faudroit une révolution, 340.

Atlas, n'est pas un emblème, A. 5; 288. L'irruption des enfans d'Atlas; ou du peuple Atlantique, a peut-être étendu jadis les lumières, 7. Son âge, 11, 295. L'inventeur de la sphère, 158. Son histoire, 267.

Atlantes, le plus ancien peuple connu, A. 7, 284. Leur histoire, leur origine, 285.

Atlantide, sa tradition retrouvée en Asie, A. 520, 522.

Atmosphères, nées de la chaleur, M. II. 691. On ne fait si les planetes en ont, III. 95.

Atmosphère de la lune. M. Euler la cherche par les éclipses de soleil, M. III. 95. M. le Monnier, par les éclipses annulaires, *ibid.* M. du Séjour en établit l'existence en déterminant sa réfraction, *ibid.*

Atmosphère du soleil, M. II. 415. Apperçue dans les éclipses, 625, 628. Expériences de de Lisle, *ibid.* Est la cause du mouvement des planetes, suivant M. Bernouilly, M. III. 223.

Atmosphère de la terre, sa hauteur,

Yy

suivant Possidonius, M. I. 121, 493.
 Suivant Alhazen, 240, 600. Idée
 saine de Linemann, M. II. 215. Sa
 hauteur réfractive, suivant Domi-
 nique Cassini, 361. Sa hauteur,
 suivant la Hire, 612. Sa hauteur
 réfractive, suivant Jacques Cassini,
 613. Sa hauteur par le barometre
 & par les météores, 614. Renferme
 trois régions, 615.
 Atômes, philosophie des atômes, ou
 corpusculaires, A. 224, 457, 463.
 Attraction ; Copernic la prouve par
 la rondeur des corps, M. I. 342.
 L'idée de la gravité est aggrandie
 par Képler, M. II. 44. Kepler en a
 manqué la loi, 59. Il montre qu'elle
 diminue avec la distance, *ibid.* Idées
 de Hook, 464. Ses expériences à
 cet égard, 466. Est une des deux
 forces qui font mouvoir les plane-
 netes, 477. Est en raison inverse
 du carré des distances, 478. Un seul
 pouvoir assujettit toutes les planetes,
 484. Est sensible sur la terre, 488.
 Appartient à toutes les parties de la
 matière, 493. Le mouvement des
 apfides prouve son universalité,
 502 ; agit même sur le soleil, 503.
 Toute la nature la manifeste, 555.
 Elle n'est peut être qu'un effet, 556.
 Due peut-être à l'impulsion, suivant
 Newton, 557. Est plutôt une pro-
 priété de la matière, 559. M. Clai-
 rant veut en réformer la loi géné-
 rale, III. 152. Combattu par M. de

Buffon, 153. Il se rétracte, 154. Sa
 transmission, est-elle instantanée,
 238 ; agit-elle sur les corps en mou-
 vement, comme sur les corps en
 repos, 240 ? Vitesse énorme de
 cette transmission, *ibid.* Peut être
 regardée comme propriété de la ma-
 tière, jusqu'à ce que l'on ait trouvé
 la cause mécanique, 267.
 Attraction des montagnes, M. III. 27.
 Confirmée, 31.
 Aubert, M. III. 133.
 Aune, mesure, M. I. 455. Sa valeur,
 513. Persienne, 525.
 Aurores boréales, naissent de l'atmos-
 phère solaire, suivant M. de Mairan,
 M. II. 693.
 Autolicus de Pytanée, A. 248, 465.
 Auzout, M. II. 255, 273, 378, 386,
 400.
 Avenar, M. I. 603.
 Averroès, M. I. 241.
 Avienus, M. I. 207.
 Axe de la terre, incliné, A. 204. Son
 parallélisme reconnu par Copernic,
 M. I. 353. Justifié par celui de Vé-
 nus, II. 325. Sa nutation, III. 58.
 Azimuth, méthode pour trouver le
 lieu des Astres, M. I. 374.

B

BABEL MANDEL, détroit jadis fermé ;
 A. 502.
 Bagdad, devient le centre des sciences
 après Alexandrie, M. I. 210.

- Baïer (Jean) M. II. 149.
- Bailly, M. III. 67, 69, 71, 131, 133, 176.
- Bainbrige, A. 401; M. II. 151.
- Balance, sa transposition selon M. Dupuis, M. III. 280. Elle n'est ni nécessaire, ni légitime, 287. Placée à l'équinoxe, peut être un caractère équivoque, 291, 293.
- Bandes de Jupiter, découvertes par Zucchi, M. II. 165.
- Barros (de) M. III. 132.
- Bartoli, M. II. 166.
- Bâton de Jacob, instrument, M. I. 368.
- Beaugrand, M. I. 175.
- Beccaria, M. III. 41.
- Beleſis, *Astronôme Chaldéen*, A. 388.
- Belgemer, A. 324.
- Belus, c'est de son tems que commencent les observations à Babylone, A. 132. La tour de son temple peut être plus ancienne que les pyramides d'Egypte, 143.
- Benani, son observatoire, M. I. 254.
- Berenice, constellation de Conon, M. I. 43, négligée par Ptolémée, 199.
- Berlin, son Académie, M. II. 678.
- Bernouilly (Daniel). M. II. 716; III. 132. Ses recherches sur les marées, 161; sur la cause du mouvement des planetes, 219.
- Bernouilly (Jean) M. III. 219, 225.
- Beroſe, *Astronôme Chaldéen*, A. 136. Il est le pere d'une des Sibylles, *ibid.* Porte les heures & les cadrans dans la Grece, 141, 142. L'*Astronôme* n'est pas le même que l'historien, 386. Age de l'*Astronôme*, 387. Réfuté par Cléomede, M. I. 494.
- Berthoud, M. III. 112.
- Besicles, lunettes, M. I. 303.
- Bessarion, M. I. 311.
- Bevis, M. III. 66.
- Bianchini, M. I. 396; II. 322.
- Billy, M. II. 208.
- Bilberg, M. II. 382.
- Binocle, M. II. 149.
- Blaeu, M. II. 32, 137, 162, 348.
- Bode, M. III. 132.
- Boece, M. II. 207.
- Boffat, M. II. 257.
- Bologne, son Académie, M. II. 678.
- Bon, M. II. 623.
- Borda, M. III. 112.
- Borelli, M. II. 331, 335.
- Bory, M. III. 132.
- Boscovisch, M. III. 41, 46, 52, 206, 207.
- Boſſut, M. III. 237, 249.
- Bouguer, M. III. 8, 12, 25, 90, 122, 153, 206.
- Bouillaud, M. II. 209, 239.
- Bouin, M. III. 133.
- Boulanger, M. II. 175.
- Bouſſole, connue à la Chine deux mille six cens ans avant Jéſus-Christ, A. 122.
- Bouvet (le Pere) M. II. 375.
- Bradley, M. II. 597, 669; III. 57, 67, 70, 101, 265.

Brahé, *voyez* Tycho.
 Brames, Bramanes, Gymnosophistes connus en Ethiopie, A. 156. Venus du nord, 334. Etablis en Tartarie, M. I. 275.
 Brasse, mesure, M. I. 514.
 Brigg, M. II. 111, 151.
 Brugge, M. III. 132.
 Buffon (le Comte de) A. 102; M. II. 388, 547, 720; III. 46, 153.
 Buratini, M. II. 454.
 Burnet, M. II. 639.
 Barrough (John.) M. II. 622.
 Butra, Philosophe Indien. *Voy.* Mercure; son âge, A. 334.

C

CADIZADE, M. I. 610.
 Cadrans, connus en Chaldée, A. 142, 324; en Egypte 175. Inventés en Grece par Anaximene, 201, 444.
 Cadran d'Eudoxe, 239. Ne sont que des armilles simplifiées, M. I. 61. De Boëce, 207.
 Caicabad, M. I. 517.
 Caille (de la) M. II. 281, 631, 656; III. 31, 35, 36, 74, 93, 99, 131, 170, 258.
 Calcul différentiel, M. II. 472. Son étendue, III. 146.
 Calcul intégral, perfectionné, M. III. 146. Par M. d'Alembert, 162.
 Calendriers des Grecs, A. 189, 421.
 Celui de Chiron, 191, 422, 424.
 D'Hésiode, 191, 430. De Méthon,

227, 453. D'Eudoxe, 237. Epoque des différens calendriers, 429. De Thalès, 442. Sont différens à cause du mouvement des étoiles, M. I. 111. De Geminus, 491.
 Calendriers ou almanachs des Indiens, A. 117; de la Chine, leur distribution, M. I. 267.
 Calendrier, regle de l'année par les astres. Hypparque n'a point tenté de concilier les mouvemens du soleil & de la lune, M. I. 93. Réformé par Jules César, 126, 494. Il n'a point tenté la conciliation, 127.
 Bacon remarque le premier les défauts du calendrier Césarien, 302.
 Regiomontanus appelé à Rome pour le réformer, 318. Réformation grégorienne, 389. Dix jours retranchés, 395. Cette réformation attaquée & défendue, 396. Examinée par D. Cassini, *ibid.*
 Calippe, A. 241, 248, 465.
 Camerarius, M. I. 383.
 Campani, M. II. 253.
 Camus, M. III. 13.
 Can-hi, M. II. 374.
 Caniculaire, année caniculaire, A. 164. Epoque de son établissement, 408.
 Canicule, étoile qui annonçoit le débordement du Nil, A. 161. Fait connoître en Egypte la vraie longueur de l'année, 162. Connue très-anciennement en Egypte, 400. A eu des autels, 435.

- Canne , mesure , M. I. 524.
 Canonica , M. III. 132.
 Canterzani , M. III. 132.
 Capelli (Ange) M. II. 632.
 Capricorne , placé au solstice , peut être un caractère équivoque , M. III. 291.
 Cardinaux , étoiles qui chez les Perses désignoient les points cardinaux , A. 13 , 130.
 Cartes géographiques , inventées par Anaximandre , A. 198 , 443. Célestes inventées par Hypparque , M. I. 107.
 Carte de la France , M. III. 36.
 Carte de la lune , projetée par Langrenus , M. II. 216 ; exécutée par Hévélius , 217.
 Casségrain ; M. II. 570.
 Cassini (Dominique) M. II. 257 , 307 , 358 , 380 , 385 , 389 , 391 , 406 , 407 , 411 , 419 , 442 , 444 , 449 , 580. Sa mort , 679. Cité , III. 36 , 70 , 227.
 Cassini (Jacques) M. II. 324 , 403 , 580 , 654 , 656 ; III. 36 , 64 , 73 , 172 , 176 , 246 , 265.
 Cassini de Thury , M. III. 34 , 101 , 131 , 132 , 265.
 Cassini (son fils) M. III. 112 , 133 , 173.
 Cassiodore , M. I. 576.
 Castillon , M. III. 132.
 Catalogues , des étoiles. Hypparque dresse le premier , M. I. 102 , 481.
 Ulug-beg , le second , 259 , 611.
 A la Chine de deux mille cinq cens étoiles , 270. Le Landgrave de Hesse , le troisième , 374. Tycho le quatrième , 406. De Riccioli , M. II. 168. D'Hévélius , 454. De Flamsteed , 650. Des étoiles australes de M. de la Caille , III. 100. Celui des étoiles boréales n'est pas complet , 333.
 Catherine II. Impératrice de Russie , M. III. 52.
 Cavalleri (le Pere) III. 160.
 Cavallieri , M. II. 163.
 Cavendisch , M. III. 41.
 Celsius , M. III. 13.
 Cendrée , lumière de la lune , M. I. 120. Calculée par M. du Séjour , III. 201.
 Censorin , M. I. 569.
 Cercles de cuivre , instrumens , voy. Armilles.
 Cercle , son origine présumée , M. I. 56. Divisé à la Chine en $365\frac{1}{4}$, 269. Erreur de Riccioli sur sa division , 454.
 Cercle excentrique , représente l'inégalité du soleil , M. I. 87 , 471 ; de la lune , 97 , 477 , 536.
 Cercles concentriques , imaginés par Mœstlin pour les éclipses , M. II. 24.
 Cérémonies chinoises & astronomiques , A. 351 ; M. I. 266.
 César (Jules) réformateur du calendrier , M. I. 126.
 Cesaris , M. III. 132.

- Chabert, M. III. 132.
- Chaldéens, étrangers à Babylone, A. 130, 358. Restaurateurs de l'Astronomie, 133. Collège de Prêtres, 134. Leur institution utile, 135. N'ont point été instruits par les Egyptiens, 134. L'ancienneté de leurs observations, 144. Leur mérite apprécié, 150. Leurs opinions astronomiques, 360. Leur antiquité estimée & réduite, 367. Hypparque n'a point fait de cas de leurs opinions. M. I. 81.
- Chaleur intérieure du globe, soupçonnée par Cœnopides, A. 222; aussi par les Pythagoriciens, dit-on, 446. Cause des atmosphères, M. II. 690. Démontrée par M. de Mairan, 722.
- Chalid, M. I. 580.
- Chappe, M. III. 105. Sa mort, 107.
- Charimander, A. 467.
- Charles II, Roi d'Angleterre, M. II. 431.
- Charles-Magne, M. I. 298.
- Charles XI, Roi de Suede, M. II. 381.
- Chazelles, M. II. 353, 390.
- Chemin sabbatique, mesure, M. I. 518.
- Chevalier, M. III. 132.
- Chevelure de Bérénice, constellation formée par Conon, M. I. 43, 462.
- Chien, étoile du Chien, voyez Canicule.
- Childrey, M. II. 412.
- Chimboraco, la plus haute montagne du globe, M. III. 19.
- Chinois, certitude de leur chronologie, A. 118, 338, 341. Leurs fables historiques, 339. Leur époque chronologique commence à Fohi, 341. Occupés sans cesse à retrouver l'Astronomie ancienne, M. I. 263. Authenticité de leurs annales, 268. Sont éclairés par des étrangers, 270, 275, 277, 279, 623, 625. Jugés, 280. N'ont rien reçu d'Alexandrie ni de Ptolémée, 270. Leurs mesures, 621.
- Chioniades, M. I. 251.
- Chiron, supposé l'inventeur de la sphère. C'est lui qui a décrit en Grece les constellations, A. 184, 512. Son calendrier, 191.
- Chou-kang, Empereur Chinois, A. 124.
- Chou-king, passage du Chou-king, A. 347.
- Chrisippe, M. I. 482.
- Chrisococca, M. I. 251.
- Christiern IV., M. II. 140.
- Chronologie avant le déluge, A. 8, 73, 79, 295, 306. Des Egyptiens, A. II. 159, 161. Des Chaldéens, 12, 123, 353, 367. Des Perses, 13, 129, 353, 357. Des Indiens, 13, 107, 329. Des Chinois, 15, 119, 340. Réglée par les positions des équinoxes, 509. Varron la règle le premier par les éclipses, M. I. 129, 496.

- Chueni, Empereur de la Chine, A. 123.
- Ciceron, M. I. 129.
- Cicloïde, ses propriétés, M. II. 261, 459.
- Cicle, *voyez* Période. Cicle solaire, M. I. 209. Connu à la Chine, 226.
- Ciel, sa sphéricité, ou sa rondeur découverte, A. 28. Sa solidité enseignée par Anaximene, 201; par Aristote, 245, 444. Pierre tombée du ciel, 203. Cieux animés, 245, 444. Cieux des Chaldéens, 390. Leur vitesse comparée, 444. Les cieux solides ont produit les déferens imaginés pour porter les planetes, M. I. 47. Détruits par Hyparque, 118. Rappelés par Purbach, 310. Rejetés par Tycho, 404. Entièrement détruits par Kepler, II. 46. Sa description n'est pas finie, III. 333.
- Cimmeriens, A. 185.
- Ciprianus Leovitius, M. II. 236.
- Circonférence, est au diamètre comme 3 à 1. Suivant les anciens, M. I. 176, de la terre, II. 349, III. 37.
- Clairaut, III. 13, 21. Sa théorie de la figure de la terre, 43. Des verres achromatiques, 118. Résout le problème des trois corps, 141. Ses Tables de la lune, 155. Sa théorie des inégalités de la terre, 170; du retour des comètes, 188. Sa mort 197, cité, 249.
- Clapiers, M. II. 623.
- Claude, Empereur, prédit des éclipses M. I. 134.
- Clavius, M. I. 396.
- Cleanthes, A. 247.
- Cleomede, M. I. 122.
- Cleostrate, A. 223, 450.
- Clefsidres, connues anciennement à la Chine, A. 125; en Chaldée, 141; en Egypte, 175; en Grece, 235; dans l'Inde, 330; à Rome, 438. Clefsidres des Indiens, première espece, M. I. 63. Différentes espèces de clefsidres, 64 & suiv. On y appliqua l'Astronomie, 70. Employées par Tycho, M. I. 399. Leur usage antique, 464. Ptolémée ne les a point rejetées, 465. En usage à la Chine, 618.
- Climats fixés par la longueur des jours, M. I. 113.
- Coche-ou-king, Astronôme Chinois, M. I. 279, 635.
- Cœsius (Philippe) M. II. 150.
- Cohésion, preuve de l'attraction, M. II. 490.
- Collas (le Pere) M. III. 133.
- Colonnes de Thot, A. 284, 318.
- Colures, cercles de la sphère, A. 43. On y rapporte la position des étoiles. M. I. 10.
- Comètes, les Chaldéens les regardent comme des planetes & prédissent leurs retours, A. 147. Nées de la rencontre des planetes, selon Anaxagore, 205. Sont des planetes suivant Pythagore, 214. Produites par

la rencontre des planetes, suivant Democrite & Artemidore, 231, 467. Météores, suivant Aristote; il en a observé une, 244, 245. Observées à Babylone, 163. Opinions des Chaldéens sur ces astres, 391. Les Egyptiens n'ont point connu leurs retours, 416. Hypparque ni Ptolémée n'en ont point parlé, M. I. 105. Première observée en Europe, 317. Leurs queues opposées au soleil, 366. Formées des exhalaisons des planetes, suivant Tycho, 385. Tycho remarque qu'elles détruisent les cieus solides, 404. Comete de 1577, découverte par lui, 410. Il les fait tourner autour du soleil, 410, 419. Mæstlin & Cornelius Gemma aussi, 410. Leur épicycle autour du soleil ressemble à un ovale, *ibid.* Tycho démontre qu'elles sont plus loin que la lune, 411. Il les regarde cependant comme des météores, 412. Il leur donne une route ovale, 419. Comete vue par Albumazar, 584. De 1618, II. 120. Kepler suppose qu'elles se meuvent en ligne droite, 121. Il croit encore qu'elles peuvent se dissoudre, 123. Elles naissent, selon lui, d'un épaisissement de l'éther, 124. De 1664, observée par Hévelius, 241. Scintillation de leur queue, 242. Elles ont une parallaxe, 243. Hévelius ne les croit pas des astres durables, 244. Il remarque la cour-

bure de leur route à leur périhélie; 245. Il la juge parabolique, 246. Il l'attribue à deux mouvemens, *ibid.* D. Cassini établit la perpétuité de leur existence, 309. Il les fait marcher dans de grands cercles, 312. Cometes observées, 441. D. Cassini montre la possibilité de leurs retours, 443. Grande comete de 1680, *ibid.* On la juge plus loin que le soleil, 447. De 1682, 448. Théorie de Newton, 538. Décrit des paraboles dont le soleil occupe le foyer, 539. Méthode de Newton pour déterminer cette orbite parabolique, 542. Elémens de leur théorie, 543. Comete de 1680 a le plus approché du soleil, 546. Chaleur qu'elle a dû éprouver, 547. Peuvent omber dans le soleil, 548. Leurs queues sont des vapeurs, 549. Rétrogrades, 551. Comete qui s'élève perpendiculairement, 644. Halley calcule l'orbite de vingt-quatre cometes, 646. Comete de 1682, a déjà paru plusieurs fois; Halley découvre sa période & annonce son retour, *ibid.* & de celle de 1680, 647. Peuvent avoir dérangé Saturne, III. 66. Premières calculées en France, 73. La théorie de Newton adoptée aussi en France, *ibid.* Travail de M. de la Caille, 74; de M. Pingré, *ibid.* Retour de la comete de 1682 en 1759, 75. Seize cometes découvertes par M. Messier, *ibid.* Eloignement prodigieux des

des comètes, 77. Il y en a quatre dont les révolutions sont connues, 78. Essais pour découvrir la durée des révolutions par les observations, 79. Leur nombre peut être très-grand, 80. Comète de 1770, dont la période a paru de cinq ans & demi, 82. Son cours a été dérangé par Jupiter, 85. Astre singulier de 1781, qui n'est sans doute pas une comète, *ibid.* Théorie de M. Clairaut, & calcul de leur retour, 188. La terre a pu déranger celle de 1759, 195. Leur rencontre avec la terre, danger imaginaire, 201. Nouvelle théorie de M. de la Grange sur le tems de leur retour, 205. Méthode de M. du Séjour pour calculer leur orbite, 206. Ne paroissent point avoir été lancées par une même cause, 221. Peuvent déranger les planètes, 243. Leurs routes peuvent être hyperboliques aussi-bien qu'elliptiques, 253. Leurs queues sont dues à la répulsion, 254. Peuvent être habitées, suivant M. Oliver, 255. Elles offrent encore beaucoup de travaux, III. 332.

Communication des peuples, ne fut jamais ni facile, ni suivie dans la haute antiquité, A. 71, 134; M. I. 153.

Comparaison, premier pas des sciences, seul moyen de connoître, M. I. 34. Des corps lumineux avec les corps opaques, II. 682. Des tems,

Tome III.

des vitesses & des espaces, III. 139.

Compas, Tycho observe d'abord avec un compas, M. I. 379.

Compas de proportion, inventé par Juste Birge, M. I. 373.

Compensateur, M. II. 264.

Condamine (la) M. III. 11, 20.

Confucius, Philosophe Chinois, A. 127.

Conjonction de cinq planètes, observée à la Chine deux mille quatre cent quarante-neuf ans avant notre ère; la plus ancienne observation connue, A. 123, 345. Craintes qu'elles inspirent, 137. Leurs effets, suivant l'Astrologie, M. I. 434, 584.

Comte (le Pere le) M. II. 375.

Condorcet (le Marquis de) M. III. 156, 207.

Conjectures, sont utiles aux progrès des Sciences, M. III. 213.

Conon, Astronôme Grec, M. I. 43, 462.

Constellations, amas d'étoiles, unies d'abord par des lignes, A. 46; puis par des figures d'hommes ou d'animaux, *ibid.* 475. Les Chaldéens en comptoient vingt-quatre dans le ciel & douze dans le zodiaque, 138. Du zodiaque, séparées des signes, 421.

Les amas d'étoiles ont fait les premières constellations, 473. Noms semblables donnés par différens peuples à l'Ourse & aux Hiades, *ibid.* Nos constellations ressemblent à celles de

Zz

la sphère persienne ; la sphère indienne est toute différente , 489. Constellations des Arabes , 491 ; des Chinois , 494 ; des Chaldéens , 506 ; des Egyptiens , *ibid.* Quarante-neuf Constellations d'Hypparque , M. I. 105. Hypparque a changé à celles des anciens , *ibid.* & 111. Leurs figures ont été changées , 481. Les anciens en comptoient soixante-douze , 482. Hypparque quarante-huit ou quarante-neuf , 483. D'Americ Vaspuce , de Halley , de l'abbé de la Caille , 484. De Ptolémée , 558. Leurs noms ont pu être transposés , 588. Constellations d'Alfuphi , 597 ; des Persans modernes , 609. Elles sont sans nom , ou elles portent le nom des géans , *ibid.* De Halley , II. 435. D'Hévélius , 455. Sont établies par la nature , 687. Renferment la fable & l'histoire des anciens Dieux , III , 272. Ne sont pas toutes du même tems , 282. Elles ont subi des changemens , 291 , 295 , 296 , 299. Copernic , M. I. 357. Sa mort , 361. Comment il annonce son système , 362. Marche de ses idées , 363. Coppenhague , son observatoire , M. II. 141. Cornelius Gemma , M. I. 410 ; II. 242. Corps célestes , leur ordre ; voyez Système. Leur distance mal estimée en Egypte , A. 169 ; voyez Distance.

Comparés aux corps terrestres par Descartes , M. II. 189. Comparaison des corps lumineux & opaques , 682. Il doit y en avoir de plus forts que le soleil , 688. Problème des deux corps , III. 141 ; des trois corps , 143. Paroissent se mouvoir plus vite lorsque la force d'impulsion diminue , 235. Grand corps qui peut être le centre des soleils & des systèmes des soleils , 266. Corps , chute des corps , phénomène incompréhensible , M. II. 77. Explication de Descartes , 187. Expériences de Riccioli , 458. Cosme de Medicis , M. I. 308. Coss , Indien ; sa mesure , M. I. 151. Coudée , des Perses & des Indiens , M. I. 146. Leur mesure , *ibid.* Celle du Caire n'a point varié depuis Sesostris , 506. Coudée des Hébreux , *ibid.* Grande & petite coudée , 507. Coudée noire , sa valeur , *ibid.* 582. Coudée royale , *ibid.* Coudée grecque , *ibid.* Coudée babylonienne ; Erreur de Freret , 508. Grande coudée de 20 $\frac{1}{2}$ pouces , *ibid.* Réglée ou modifiée sur la circonférence de la terre , 509. Grande coudée , base de toutes les mesures , 512. Se retrouve encore à Florence , 514 ; en Tartarie , 523. Se retrouve dans les dimensions des pyramides d'Egypte , 516 ; des Chinois , 521. Cousin , M. III. 208. Crabtrée , M. II. 153 , 426.

Crépuscules , causés par la réfraction ,
M. I. 237. Problème du plus court
crépuscule résolu par Nonnius, 370.

Traité d'Alhazen, 600.

Croy (le Prince de) M. III. 94.

Ctesibius , perfectionne les clepsidres ,

M. I. 69.

Cusa , M. I. 309 , 390.

Cuspinianus , M. II. 236.

Cylindre , voyez Disque.

Cysatus , M. II. 152.

D

DANAÏDES , sont les semaines de l'an-
née , A. 92 , 298.

Dante , voyez Egnace.

Decani , noms des subdivisions du zo-
diaque , A. 496 ; M. I. 483.

Déclinaison , ce que c'est , M. I. 11.

Mesurée au méridien par un quart
de cercle , 374. Méthode de l'ob-
server , II. 293.

Dée , M. I. 383.

Déférens , cercles imaginés pour porter
les planetes , M. I. 45.

Degré , sa subdivision en vingt-quatre
doigts , A. 150. Les Egyptiens &
les Chinois en donnoient $365\frac{1}{4}$ au
cercle , 404. Marqués par des figures
d'hommes , 503.

Degrés de la terre , leur mesure par
les Arabes , 222. Leur inégalité
connue à la Chine , M. I. 272. La
mesure d'Eratosthènes discutée , 457.

Degré chinois , 521. De France , II.

344. Plusieurs degrés mesurés aussi
en France , 350 , voyez Mesure
de la terre. Au cercle polaire , III.

17. A. l'équateur , 23. Comparaison
des degrés , 33. Degré de longitude
mesuré , 38. Hypothèse de M. Bou-
guer sur leur diminution , 40. Me-
suré par M. de la Caille , *ibid.* ; par
d'autres Astronomes , 41. Cause du
peu d'accord des mesures , *ibid.*

Déluge , tems qui l'ont précédé égaux
chez les différens peuples , A. 10 &
299. Annoncé par Beroſe , 137. Faux
déluge prédit , M. I. 426.

Demeures , noms des signes du zodia-
que , A. 475.

Démocrite , A. 230 , 458.

Denis le petit , M. I. 209.

Densité des planetes , hypothèse de
Képler à cet égard , M. II. 114.

Derham , M. II. 694 ; III. 262.

Derobés , voyez Epagomènes.

Defaguilliers , M. II. 641.

Descartes , M. II. 177. Objections
contre son systême , 190. Comparé
à Kepler , 193. Ses idées philoso-
phiques , 201. Son caractère , 202.
Les honneurs qu'il a reçus , 204.
Ce qui lui reste de sa gloire , 205.
Objections de Newton , 553. Cité ,
III. 267.

Diametres des planetes , mesurés en
Egypte , A. 173 , 417. En doigts ,
pourquoi , 178 ? Par Thalès , 197 ,
441. Par Endoxe , 238. Observés par
Aristote , 246. Mesure des espaces

- célestes , M. I. 12. Observés par Aristarque , 19 , 448 , 452 ; par Archimede , 20. Celui de la terre sert de module pour les distances des planètes , 97 , 320. Diamètres mesurés par Hypparque , 99 , 479. Changent comme les parallaxes ; Ptolémée s'y est trompé , 181. Altérés par la réfraction , 203. Assez bien mesurés , 538. Plus grands sur un fond obscur , plus petits sur un fond éclairé , II. 25. Assez bien mesurés par Hortensius , 163 ; par Gassendi , 173 ; par Hévélius , 233. Variations de celui de la lune , lorsqu'elle s'élève sur l'horizon , 378. Du soleil , mesuré par plusieurs Astronomes , III. 131. Rectifié par le calcul des éclipses , 199.
- Diametre des étoiles , suivant Hévélius , M. II. 220. Il est insensible , 659.
- Diametre des satellites de Jupiter ; Méthode pour les mesurer , M. III. 72.
- Diaphragmes , pour diminuer la lumière , dûs à Hévélius , M. II. 220.
- Diéteride , période greque , A. 193.
- Diemschid , Roi Persan , A. 129.
- Dieux , tous sont les symboles du soleil , A. 316 , 320 ; ils président aux signes du zodiaque , 495. Les douze grands Dieux d'Egypte se retrouvent au Japon , 522.
- Dionisiodore , sa mesure de la terre , M. I. 37.
- Dioptra , instrument d'Hypparque & de Ptolémée , M. I. 180 , 479. Instrument destiné aussi à la vision , 556.
- Dioptrique , science créée par Descartes , M. II. 193.
- Disques , instrumens qui , comme les cylindres , servoient à mesurer les diametres des astres , A. 246 ; M. I. 20.
- Disques , especes de cadrans. M. I. 73 , 454.
- Distances des astres à la terre , absolument inconnues aux anciens , A. 169 , 215. Celles du soleil & de la lune estimées par Aristarque , M. I. 16 , 448. Sa méthode , 17. Du soleil & de la lune par Eratosthènes , 39. Mesurées par la parallaxe , 97 , 99. Ptolémée s'y est trompé ; il n'a pu les comparer , 193. Avantages du système de Copernic pour les mesurer , 357. Marquées par les corps réguliers , suivant Kepler , M. II. 9. Il varie sur celle du soleil , 112. Vraie distance de la lune ; III. 102. Vraie distance du soleil , 109.
- Distances au zenith , observées par Ptolémée le premier , M. I. 175.
- Distances des planètes aux étoiles ; mesurées , M. I. 320. Tycho emploie cette methode , 400 ; Flamsteed la conserve , M. II. 650.
- Distance des étoiles , infinie , M. I. 24 , 344 , 453. Eloigne Tycho du système de Copernic , 415. Essai

pour la déterminer, 653. On l'ignorera peut-être toujours, M. III. 60.
 Divination, liée à l'Astronomie en Chaldée, A. 135.
 Dixon, M. III. 41, 133.
 Doerfeld, M. II. 539, 546.
 Doigts, subdivision du degré, A. 150. Origine de cet usage, 118. Cet usage subsiste à la Chine, 179. Les Chaldéens s'en servoient pour mesurer les parties éclipsées; mais différemment qu'on ne fait aujourd'hui, 389. Ces doigts mesuroient aussi les petits espaces célestes, *ibid.* M. I. 320. Mesure des éclipses, M. I. 184. Subdivision de la coudée; Coudée de trente-deux doigts, 507; de vingt-quatre, *ibid.*; de vingt-sept, *ibid.* Leur valeur, 508. Doigts des éclipses assez bien observés, 539.
 Dolieres (le Pere) M. III. 133.
 Dollond, M. III. 116, 124.
 Dollond (son fils) M. III. 119.
 Dosithee, A. 223, 462.
 Doz, M. III. 132.
 Dragons, causes des éclipses chez les Indiens, A. 116. Superstition ancienne & générale, 437, 515. Reçue au Pérou, M. I. 286.
 Draz, mesure, voyez Coudée, M. I. 506.
 Druides, n'étoient point Astronomes, M. I. 294.
 Dulague, M. III. 133.
 Dunthorne, M. III. 67, 133.

Duplication de l'anneau de Saturne, M. II. 402.
 Dupuis, son système, M. III. 273.
 Dynamique créée par Newton, M. III. 140. Perfectionnée par les Géomètres, 141.

E

EBNSAHHEL, M. I. 583.
 Eclipses, objets de terreur, A. 49. Leurs causes, 50. N'arrivent jamais que dans les nœuds, 51. Leur prédiction, 54. Calcul des éclipses chez les Indiens, 113. Eclipses observées à la Chine deux mille cent soixante-neuf ans avant notre ère, 124, 350. Peines pour les Astronomes qui ne les prédissent pas, 125. Superstitions relatives, *ibid.* Calculées à la Chine, M. I. 627, 637.
 Eclipses des étoiles par les planetes, observées par Aristote, A. 244. Leur utilité, M. II. 297.
 Eclipses de lune, négligées à la Chine. A. 127. Prédites en Chaldée, 139, 366; en Egypte, 167. Observées en Chaldée, 389, 410. Horizontales, M. I. 124. Méthode des Grecs pour les calculer, 182, 545. Leur utilité, 185. Observées par Albategnius, 231; par Regiomontanus, 314. Choix d'éclipses pour déterminer l'excentricité, 534; & le diamètre, 539. Leurs limites, 542. L'instant du milieu n'est pas celui de l'oppo-

- fition; Ptolémée s'en est apperçu, 544. Il détermine la ligne des centres, 547. Leurs phénomènes optiques expliqués par Kepler, II. 20. Remarque d'Hévélius, 221. Méthode de les observer, 295. Réticule pour les observer, 597. Remarque sur ces phénomènes, 622. Lumière étendue au-delà des bords de la lune, *ibid.* Lune invisible, 623.
- Eclipses de soleil, négligées en Chaldée, A. 139, 366. Prédites en Egypte, 167; par Thalès, 196, 439. Annulaires connues en Grece, 246. Méthodes des Grecs pour les calculer, M. I. 185, 546. Eclipses totales; dérangement de l'ordre physique à la Chine, 265. Leur importance, *ibid.* Annulaires, connues de Sotigènes, 495. Observées par Albategnius, 231; par Theon, 571. Kepler applique leur observation à la recherche des longitudes, M. II. 27. Il les considère comme des éclipses de terre, 29. Méthode de les observer, 295. D. Cassini prédit que le soleil éclipsé paroîtra environné d'une chevelure lumineuse, 415. Sa prédiction vérifiée, 625, 628. Grande éclipse en 1706, 623. Les totales sont rares, *ibid.* On en a observé cependant en 1706, 624; en 1715, 625; en 1724, 628. Théorie de M. du Séjour, M. III. 198.
- Eclipses des satellites de Jupiter. Leur utilité, M. II. 329. Leur retard fait mesurer la vitesse de la lumière, 417. Eclipses fictives, III. 72.
- Ecliptique, découverte de ce cercle incliné, qui est la route du soleil. A. 40. Attribuée fausement à Anaximandre, *ibid.* Hypparque y rapporte les étoiles, M. I. 110, 486. Doit se confondre avec l'équateur, suivant Fracastor, 331. Les Chinois commencent à y rapporter le mouvement des astres, 622. Toute l'Astronomie se réduit-là, M. II. 293.
- Ecole d'Alexandrie, sa fondation, M. I. 4. Est une Ecole Greque, 6. Ses instrumens, 567. Célèbre encore au quatrième siècle, 571.
- Economie de la nature, M. II. 2.
- Ecphante, A. 221.
- Ecrevisse, est le seul caractère qui ne soit point équivoque, M. III. 300.
- Edda, livre des Suédois, A. 323.
- Edifices, orienter les edifices, usage pratiqué par les Indiens, A. 112; en Chaldée, 143; en Egypte, 418; au Pérou, M. I. 285.
- Egnace Dante, M. I. 391.
- Egyptiens, ont fait peu de progrès dans l'Astronomie, A. 166. Ont découvert, dit-on, le vrai mouvement de Mercure & de Vénus, 170. Ne doivent pas être toujours jugés sur ce qu'ils ont communiqué, 172. Leur mérite apprécié, 182. Les Ethiopiens sont plus anciens, 395. Les

Egyptiens sont leurs descendans , 396. Les Ethiopiens sont venus de l'Inde , 502. Causes de leur peu de progrès , M. I. 7. Ne paroissent point avoir fait d'observations , 443. Fin de leur année vague , 499. Cultivent l'astronomie au dixieme siecle , 597. Leur savoir se réduit à peu de chose , M. III. 274. Leurs fêtes peuvent n'avoir pas été instituées chez eux , 290.

Eimmart , M. II. 678.

Eisenschmid , M. II. 639.

Elémens de la théorie des planetes , M. II. 292 , 337.

Ellipse , selon Rheinhold , la route de la lune ressemble à un ovale , M. I. 366. Epicycle des cometes en forme d'ovale , 410. Tycho leur en donne une semblable , 419. Kepler découvre que cette courbe est la route des planetes , II. 70. Horroxe est le premier qui ait adopté cette vérité , 154. Celle des planetes est immobile , si la force centrale suit la loi du carré des distances , & mobile si cette loi de la tendance est troublée , 502. Est-elle susceptible d'altération , III. 248.

Elliptique , hypothèse simple , imaginée par A. Curtius. M. II. 144. suivie par Bouillaud & par Sethward , 209 , 212.

Emblèmes , les personnages cités de l'antiquité ne sont pas des emblèmes , A. 5 , 288 & suiv. Hercule

même doit être un personnage réel , 93.

Embolismique , année où se fait une intercallation , établie anciennement à la Chine , A. 124.

Embrasement universel annoncé par Beroſe , A. 137 , 283.

Empedocle , A. 218.

Empires , les grands empires fondés presque en même tems , A. 106.

Endimion , origine supposée de la fable , A. 188.

Enée , A. 194.

Enopides de Chio , A. 221.

Epacte , M. I. 392 ; des Siamois , 615 ; des Chinois , 620.

Epagomènes , cinq jours ajoutés à l'année , A. 112 , 161 , 359 , 398 , 399. Appelés aussi jours furtifs ou dérobés , 353 , 398. Connus au Pérou , M. I. 286 ; au Mexique , 288.

Ephémérides , celles de Chueni à la Chine deux mille cinq cens ans avant notre ère , A. 123. Regiomontanus en est le premier auteur en Europe , M. I. 312.

Epicycles , cercles fictifs , peut-être imaginés par Apollonius , M. I. 45 , 463. Sont une invention ingénieuse , dérivée des sphères d'Eudoxe , 47.

Employés par Hypparque pour expliquer l'inégalité du mouvement du soleil , 87 , 471 , 534 ; & celle de la lune , 97 , 476 , 534. Par Ptolémée , 173. Conservés par Copernic

pour expliquer les inégalités des planetes, 360; & par Tycho, 409.

Epicycles des cometes, avec une forme ovale, 410. Ptolémée les préfere aux excentriques, pourquoi, 534.

Il emploie les deux hypothèses qui ne suffisent pas pour la lune, 536.

Kepler les rejette & en montre l'absurdité, II. 49. Conservés par Longomontanus, 141. Hévélius y tient encore, 219.

Epicycloïde, course de la réfraction, M. II. 611.

Epicure, A. 463. Censuré par Cleomede, M. I. 493.

Epigenes, A. 248, 466.

Epoque des Indiens, A. 108, 332, 335. De Nabonassar, 146. Des Chinois, 341, 347. Des Tartares, 342. De la période de soixante ans à la Chine, 344. Des Perses, 354. d'Isfegird, M. I. 250. Des Siamois, 613.

Equant, cercle de l'ancienne Astronomie, M. I. 551.

Equateur, cercle de la sphere, A. 41. Les anciens y rapportoient le mouvement des astres, 428; M. I. 10. Hypparque en établit l'usage, 82. Il cesse d'y rapporter les étoiles, 110. L'Astronomie se réduit à y rapporter tous les astres, II. 293. La mesure de ses degrés n'est pas si utile que celle du méridien, III. 21.

Equateur lunaire; ses nœuds ont le

même mouvement que les nœuds de l'orbite de la lune, M. III. 54.

Equations, toutes additives, M. I. 592.

Equation du centre du soleil, connue des Indiens, A. 335. De $2^{\circ} 23'$, suivant Hypparque, M. I. 472. De 2° , suivant les anciens Perses, 606. d'Ulug-beg, de $1^{\circ} 55' 53''$, 612. Des Siamois, de $2^{\circ} 12'$, 615. Connue à la Chine, 627, 628. D'Yhang, de $2^{\circ} 21\frac{1}{2}'$, 629. Méthode de D. Cassini pour la déterminer, II. 315. Louville la croit variable, 633. Elle paroît l'être suivant la théorie, III. 250.

Equation du centre de la lune, découverte par Hypparque, M. I. 97. La seconde équation découverte par Ptolémée, 172, 535. La troisième par Tycho, 407. Equation du centre de la lune des Siamois, 615; des Chinois, 624. Toutes les équations de cette planete sont produites par l'action du soleil, III. 148.

Equation du centre des planetes paroît variable, M. III. 249.

Equations séculaires, quelle en est la cause, M. III. 230. Paroissent d'abord venir des perturbations mutuelles des planetes, suivant M. Euler, 231; & M. de la Grange, 232. M. de la Place fait voir que non; en poussant plus loin l'approximation, *ibid.*; & M. de la Grange par une

une démonstration rigoureuse, 233. Elles existent cependant dans quelques planetes, 234. La résistance de l'éther en donne une pour la Lune, & n'en donne point pour Jupiter & Saturne, 237. La transmission de la gravité n'en donneroit pas non plus, 241. Doutes sur les méthodes d'approximation, relativement à la théorie de Saturne & de Jupiter, 245. Les équations séculaires de ces planetes peuvent être des équations à longues périodes, 247. Autres doutes 250.

Equation du tems, connue d'Hypparque, M. I. 90, 473. Tycho en admet une différente pour la lune, 408. Niée par Vendelinus, M. II. 158. Rétablie par Flamsteed, 427.

Equation des hauteurs du soleil; on y avoit égard par l'observation des hauteurs, même dans le dernier siecle, M. II. 352.

Equinoxes, points où l'équateur coupe l'écliptique; leur découverte, A. 41. Equinoxe du printems, fixé au premier degré du Bélier, 421. Jadis au premier degré des Gemeaux, 73, 315, 316, 479, 503. Leurs positions peuvent régler la chronologie; idée de Newton, 509. Hypparque se sert de leur observation pour déterminer la longueur de l'année, M. I. 86. Leur rétrogradation cause le mouvement des étoiles, 109. Observés au Pérou, 285. Erreur des

anciennes observations, 471. Méthode de les observer, M. II. 290. Tradition, qui désigne le passage de l'équinoxe du Taureau dans le Bélier, III. 289.

Eratosthènes, Astronôme Grec, M. I. 32. Critiqué par Hypparque, 116. Son commentaire sur Aratus, 447. Cité, M. II. 389.

Essachel, M. I. 603.

Esferiphus, M. I. 603.

Ether, liquide céleste, connu des Indiens, A. 115; des Chaldéens, 139. Renouvelé par Alhazen, M. I. 238. Milieu sans résistance, suivant Newton, M. II. 501. Cela semble prouvé encore par la queue des comètes, 550; par les comètes mêmes, III. 194. Il y a cependant des effets de sa résistance, 237.

Ethiopie, plus anciennement habitée que l'Egypte, A. 155.

Etoiles, leurs configurations, leurs distances entr'elles sont toujours les mêmes, A. 29. Ont servi à connoître la marche du soleil, 44. Elles semblent s'avancer le long de l'écliptique, 48. Ce mouvement attribué à la sphère, à la voûte du ciel, *ibid.* Ce mouvement découvert par les Indiens, 109; les Chaldéens, 149, 392. Les Perses pensent qu'elles sont plus près que la lune, 130, 355. Leur mouvement apparent inconnu aux Egyptiens, 165, 403. Selon Thalès, sont de la même substance

que la terre, 196. Sont semblables au soleil, selon Archelaüs, 206. S'éteignent le soir pour se rallumer le matin, selon Xenophanes, 228, 463. Ont une figure conique, suivant Cleanthes, 247. Observations des étoiles étoient des pronostics, 250. Les anciens étoient attentifs aux observations des étoiles, 430. Etoile du pôle, étoiles de la première grandeur, les premières remarquées, 474. Quatre étoiles partagent le zodiaque & répondoient aux points cardinaux trois mille ans avant J. C., 13, 480. Observation des étoiles, premier pas dans l'Astronomie, M. I. 8. Dénombrement des étoiles, fait par les anciens, 10, 103, 270. Les Astronomes d'Alexandrie comparent leur position aux cercles fixes de la sphère, *ibid.* Leur distance infinie, enseignée par Aristarque, 24. Comptées par Eratosthenes, 42, par Hypparque, 102. Premier exemple d'une étoile nouvelle, *ibid.* Sa méthode pour les observer, 106. Leur mouvement découvert par Hypparque, 107. Il est tout en longitude. Les latitudes sont invariables, 108, 553. Idée de Geminus, 117; de Possidonius, 119. Leur mouvement confirmé & évalué par Ptolémée, 198. Un Juif les croit éclairées par le soleil, 225. Leur prétendu mouvement de trépidation, 227, 589.

Leur mouvement connu à la Chine, 271. Affez bien établi dans les tables alphonfines, 300. Copernic n'a point cru qu'elles fussent éclairées par le soleil, 343. Etoile nouvelle, découverte par Tycho, 381. Cette étoile comparée à celle des Mages, 383. Opinion sensée de Reischnerus, *ibid.* Selon lui, l'étoile a des altérations d'apparitions & de disparitions; autres opinions, *ibid.* Tycho démontre qu'elle n'a point de parallaxe, 384. Elle est formée fortuitement, selon lui, & de la substance des étoiles, 386. Leur mouvement déterminé par Tycho, 406. Il s'aperçoit du changement de leurs latitudes, & le lie à la variation de l'obliquité de l'écliptique, 407. Immobiles suivant Aristarque, 452. Les anciens en comptoient seize cens, 482. Leur nombre apparent dépend des vues, 555. Partagées en différentes classes, 557. Leur longitude fixée au premier degré d'Ariès, 559. Etoiles perdues, 611. Leur mouvement observé à la Chine, 624. Etoile nouvelle du Cigne, M. II. 32. Dans le serpentaire, 33. Elle est au moins dix-huit cent fois plus loin que le soleil, 36. Leur scintillation expliquée par Kepler, & mieux par Scaliger, 37. Les nouvelles, suivant Kepler, naissent de l'Ether, 40. Deviennent plus petites dans les

télescopes , 87. Le télescope les multiplie , 88. Galilée confirme la cause de leur scintillation , *ibid.* Etoile changeante , découverte par D. Fabricius , 107. Désignées par des lettres , 149. Leur formation , suivant Descartes , 186. Leur diamètre prétendu observé par Hévelius , 220 , 233. Etoiles nouvelles , 236. Retour & apparition des mêmes étoiles , & les causes , 238. Servent à trouver l'heure , 287. On les voit en plein jour , 291. Leurs éclipses & leur utilité , 297. Australes , observées par Halley , 433. Boréales , observées par Flamsteed , 649. Tentatives pour déterminer leur distance , 657. Sont des soleils , 660. Halley croit qu'il ne peut y en avoir que treize de la première grandeur , 661. Leur latitude change par un mouvement propre , 663. Leur aberration , 670. Essentiellement lumineuses , 683. Leur volume soupçonné , 684. Leurs systèmes , 687. Ce sont des corps qui brûlent , 697. Conjectures sur ces étoiles nouvelles & changeantes , 698. Semblables à des meules , suivant M. de Maupertuis , 700. Leurs couleurs peuvent faire présumer ce degré de la combustion , 707. On ne connoîtra peut-être jamais leur distance , III. 60. Dix mille australes observées par M. de la Caille , 100. Travaux de plusieurs Astronomes ,

131 ; de M. de la Caille & de M. le Monnier , 132. Quelques-unes ont un mouvement propre , 265. Les boréales ont besoin d'être observées plus complètement , 333. Leur mouvement propre est un grand sujet de travaux , & leurs apparitions périodiques également , 334. Leur lumière , moyen de la mesurer ; leur lumière colorée , autre objet de recherches , 335.

Etoiles (nébuleuses) connues des anciens , M. I. 557. Galilée les regarde comme des amas d'étoiles , II. 90.

Euclide , ses élémens , M. I. 29.

Euctemon , A. 226 ; Observateur , 455.

Eudeme , Historien Grec de l'Astronomie , A. 247. Fragment conservé de son histoire , 466.

Eudoxe , A. 236. Sa sphère , 424. N'étoit point Observateur , 243 , 461. Critiqué par Hypparque , M. I. 116.

Euler (Albert) M. III. 194 , 249.

Euler (Charles) M. III. 242.

Euler (Léonard) ses recherches sur les comètes , M. III. 79. Cité , 93 , 95. Ses idées pour perfectionner l'optique , 115. Résout le problème des trois corps , 141. Perfectionne le calcul , 166. Recherches sur le flux & le reflux , 160. Sa théorie de Jupiter & de Saturne , 168. Des inégalités de la terre , 170. Du changement de latitude , 172. De la variation

de l'obliquité de l'écliptique, 173.
 Ses idées sur la figure de Jupiter, 176. Ses recherches sur les comètes, 194. Cité, 206, 228, 231, 234.
 Europe, long-tems barbare, M. I. 292.
 Européens, organisés pour les progrès des sciences, M. III. 322.
 Evandre, porte quelques connoissances en Italie, A. 194.
 Evechous, Roi Persan, A. 132.
 Excentricité du soleil, supposée par Hypparque, M. I. 87; de la lune, 97. Celle du soleil variable, suivant Arzachel, 237; & suivant Copernic, 356. Partagée en deux par Kepler, II. 51. Horroxe fait varier celle de la lune, 155. Méthode de D. Cassini pour déterminer celle du soleil, 315. Méthode de Halley, 432. Newton la fait varier encore comme Horroxe, 509. Celle du quatrième satellite de Jupiter III. 67. Sont-elles en général susceptibles de changement? 248. Variations données par la théorie, 250. Elles sont alternatives, 252.
 Excentrique, voyez Cercle.

F

FABLE, on soupçonne qu'elle est une histoire altérée, M. III. 272; ou une allégorie, *ibid.* Peut-être née des hiéroglyphes, *ibid.* Systèmes modernes, 273.

Fabricius (David) M. II. 107.
 Fabricius (Jean) M. II. 104, 107.
 Fernel, la mesure de la terre, M. I. 145; II. 34.
 Figure de la terre, voyez Terre; théorie de M. Clairaut, M. III. 43; de M. d'Alembert, 45. On doute si elle est un sphéroïde, 47.
 Figure de Jupiter, est la principale cause du mouvement des nœuds & des apsidés des satellites, M. III. 181.
 Filxmillier (le Pere) M. III. 132.
 Firmanus, Astrologue, M. I. 137.
 Flamsteed, M. II. 425, 427, 580; 649, 654. Sa mort, 679.
 Fleurieu, M. III. 112, 133.
 Fludd (Robert) M. II. 150.
 Flux & reflux, causés par la lune, suivant Kepler, M. II. 45. Théorie de Newton sur cet objet, 529. Explication de la double marée dans un même jour, 533. Théorie de M. D. Bernouilly, III. 161, Recherches de MM. d'Alembert, Euler, la Place, &c. 162. Ce phénomène n'altère point celui de la nutation & de la précession, 164. Les comètes ne peuvent en causer une considérable sur notre globe, 204.
 Fluxions; voyez Calcul différentiel.
 Fohi, fondateur de l'Astronomie à la Chine, A. 119.
 Fontaine, M. III. 206.
 Fontana, M. II. 148, 166, 409.
 Fontana (le Pere) M. II. 652.

Fontenelle, M. II. 596, 633, 645, 655, 712.

Force animale qui retient les astres, suivant Kepler, M. II. 45. C'est elle qui différencie le mouvement des corps mus par le soleil, 63.

Force attractive, *voyez* Attraction.

Force centrifuge, découverte par Descartes, M. II. 183. On soupçonne ses effets sur le pendule, 357. Ils sont prouvés par l'expérience, 371. Ses loix découvertes par Huyghens, 460. Appartient à tout mouvement curviligne, 498. Eleve la terre à l'équateur, 512. Le fil à plomb ne le seroit pas, si la surface de la terre ne s'étoit pas inclinée, 643.

Force centripète, ou centrale, *voyez* Attraction. Est constante, M. II. 507. Une action étrangère la modifie, 507.

Force d'inertie, M. II. 78.

Forces, idée de la force, M. II. 67. Leur opposition conserve tout, 480.

Fouchy, M. III. 12, 133, 229.

Fracastor, M. I. 323.

François I., M. I. 308.

Franklin, M. III. 255.

Frédéric II., Empereur, M. I. 298.

Frédéric III., Empereur, M. I. 308.

Fréja, A. 325, 326.

Frisi, M. III. 95, 208.

Furtifs, *voyez* Epagomènes.

G

GALILÉE, M. II. 79. Ses découvertes

dans le ciel, au moyen du télescope, 86. Soutient le système de Copernic. Persécution qu'il essuie, 128. Sa mort, 138. Cité, 331, 387, 653; III. 62.

Gaietedin, M. I. 610.

Garipuy, M. III. 133.

Gascoigne, M. II. 269, 273, 426.

Gassendi, M. II. 151, 171, 172.

Gau, mesure indienne, M. I. 151, 520.

Gaubil (le Pere) M. II. 375.

Gaulois, n'étoient point savans, M. I. 294.

Geber, M. I. 602.

Geminus, Astronôme, M. I. 117, 447, 489. Tems où il a vécu, 491.

Gemma, *voyez* Cornelius.

Gemma Frisius, M. II. 175, 634.

Génie, a tout produit sur la terre, A. 262.

Gentil (le) M. III. 105, 107, 131, 133, 199, 229, 258.

Géographie, Hypparque en fait une science, M. I. 112. Traité de Ptolémée, 205.

Géométrie, première application à l'Astronomie par Apollonius, M. I. 46. Tort d'Archimede à cet égard, 49. Cette application est le titre particulier & distinctif des modernes, *ibid.* Son étude, moins séduisante que celle de la physique, 178. Unie à l'algèbre par Descartes, M. II, 180. Premières découvertes

- de Newton, 472. Influence de cette science sur l'Astronomie, III. 135, Union de ces deux sciences, 208. Ce que l'Astronomie auroit fait sans elle, 209. Ce qu'elle a fait avec la Géométrie, 210. Son union avec l'Astronomie est l'ouvrage de Newton, 326. Une méthode complète du calcul intégral pourroit faire faire de nouveaux progrès à l'Astronomie physique, 340.
- Gerbillon (le Pere) M. II. 375.
- Germanicus Cesar, M. I. 129, 502.
- Gian-ben-gian, A. 177.
- Gilbert, M. II. 60.
- Globe céleste d'Hypparque, M. I. 106; de Ptolémée, 569, de Léontius, 577. A la Chine, 617, 623, 625.
- Gnomon, premier de tous les instrumens; son invention, A. 38. Connu des Indiens, 111. Leur sert à distinguer la latitude, 112. Connu anciennement à la Chine, 125, 351. En Chaldée, 383. Renouvelé par Anaximandre, 198, 442. Gnomon de cent quatre-vingt pieds, M. I. 258. Constance des Chinois, 268. Elevé à Sainte-Petrone pour montrer les défauts du calendrier, 391. Erreurs des gnomons anciens, 457. d'Auguste, 498. Si l'image du soleil est reçue par un trou, elle est agrandie, M. II. 24.
- Gnomonique, connue des anciens, M. I. 72.
- Godin, M. II. 621; III. 11.
- Gonarque, espece de cadran, M. I. 75.
- Graham, M. II. 655; III. 17, 109.
- Grammatici (le Pere) M. II. 632.
- Grange (la) M. III. 156, voyez la Grange.
- Gravitation, voyez Attraction.
- Gravité, voyez Attraction.
- Gréaves, M. II. 151.
- Grecs, sont peut-être les premiers qui ont voyagé pour s'instruire, A. 71. Ceux d'entr'eux qui rapportoient des connoissances étoient regardés comme inventeurs, 189. Leurs calendriers, 190. Leur esprit n'étoit pas mûr pour les sciences, 257. Leurs Philosophes ont eu quelques idées heureuses, ont conservé quelques idées acquises, 259. Grecs qui ont voyagé en Egypte, 426. N'ont pris le véritable esprit de l'Astronomie qu'à Alexandrie, M. I. 8. Leur arrivée en Italie y porte la lumière, 308.
- Grégoire XIII, M. I. 391.
- Gregori (David) M. II. 632, 655.
- Gregori (Jacques) M. II. 254, 570.
- Grimaldi, M. II. 166.
- Gruenberger (le Pere) M. II. 601.
- Guillandini, M. I. 428.
- Guillaume IV, Landgrave de Hesse, M. I. 372.
- Gustave III, Roi de Suede, M. II. 204.

H

HABRECHTUS, M. II. 122.
 Hadley, M. II. 572; III. 113.
 Hakem, son observatoire, M. I. 254, 597.
 Hainzelius, M. I. 380, 427.
 Hagecius, *voyez* Thadée.
 Halley, M. II. 452, 580, 588, 613, 623, 626, 658, 661, 663, 664, III. 229, 230, 265.
 Hali-aben-Rodoan, M. I. 599.
 Hamenus, M. I. 603.
 Haroun - Alrafchid, Calife, M. I. 219.
 Harrifon, M. III. 111.
 Hartchell, M. III. 85.
 Hartsoëcker, M. II. 253.
 Hafan, *voyez* Isaac Abensid.
 Hasen-ben-Mouza, M. I. 580.
 Harpalus, A. 224, 451.
 Hauteurs, ou ombres correspondantes, Méthode connue des anciens, A. 111. Des Chinois, M. I. 617.
 Hauteurs des astres sur l'horizon. Les anciens ne les mesuroient pas, M. I. 60. Servent à trouver l'heure, 315.
 Hauteurs du soleil & des astres, égales avant & après midi. Ont servi de toute ancienneté à déterminer le méridien, A. 42. Cette méthode connue des Indiens, *ibid.* & 111. Des Chinois, 126. Hauteur méridienne du soleil donne sa longitude

& sa déclinaison; méthode de Copernic, M. I. 364. Méthode des hauteurs correspondantes, 286. En usage en France, 352. L'équation n'est pas connue alors, *ibid.*
 Hécatee de Miler, Géographe, A. 444.
 Heccæ-Decaeteride, A. 224.
 Hegesianax, M. I. 446.
 Helicon Cifcène, A. 247, 468.
 Héliometre de M. Bouguer, M. III. 122.
 Heliopolis, *voyez* Thebes.
 Hell, M. III. 106.
 Hennert, M. III. 132.
 Hemicycle, espece de cadran, M. I. 72.
 Heraclides de Pont, M. I. 380, 427.
 Hercule, sa vie & ses travaux sont emblématiques, A. 91. Mais les fables dont son histoire est embellie, n'empêchent pas que ce ne soit un personnage réel, & peut-être l'inventeur du zodiaque, 93. Son temple chez les Phrygiens, 153. Hercule, Grec, a rapporté peut-être l'Astronomie en Grece, 183. C'est peut-être un homme du nord, 327. Age de l'Hercule Grec, 425.
 Herigone, M. II. 175, 176.
 Hermès, *voyez* Mercure.
 Hermippe, M. I. 446.
 Hesper, la plante de Vénus, A. 30 & 210. Parmenides enseigne qu'Hesper & Lucifer ne sont que le même astre, 457.

- Heures, division du jour en soixante heures, A. 70. Connue des Indiens, 110; chez les peuples de l'Asie, *ibid.*; en Chaldée, 141. En douze heures dans la Chaldée, 141. Long-tems marquées par la longueur de l'ombre, 202. Dédicées aux planetes, 410. Moyens de les mesurer, M. I. 61. Ces divisions sont nées des divisions des cadrans, 62. Heures d'abord égales, ensuite inégales, *ibid.* Méthode d'avoir l'heure par la hauteur des astres, 315; par le lieu du soleil, 466. Division singulière du jour, *ibid.* Méthode pour observer l'heure, M. II. 285.
- Hévélius, M. II. 216. Sa cométographie, 240, 383, 387. Son Catalogue des étoiles, 454. Son mérite, 456. Sa mort, 679.
- Hippo, A. 187.
- Hipficles, M. I. 207, 569.
- Hoang-ti, A. 120.
- Ho-ching-tien, M. I. 624.
- Holagu, restaurateur en Tartarie, M. I. 254, 606.
- Holward, M. II. 154, 237.
- Homme, image du monde, suivant Tycho, M. I. 436. Ne s'éclaire qu'en changeant de lieu, III. 98. Le secours que l'homme prête à l'homme, est un grand moyen de progrès, 101. C'est en Europe qu'il a déployé son génie, 322.
- Hook, M. II. 253, 320, 426, 463. Il excite Newton, 475. Ses tentatives sur la parallaxe des étoiles, 654. Cité, III. 124.
- Horloges, de Boëce, M. I. 207; d'Haroun, 219. Premier usage pour mesurer le tems des observations, 321. Horloges à poids, 322. Perfectionnées en Allemagne, 371. Mesurent la différence d'ascension droite, 375. Horloge d'Yhang, 631. Autre à la Chine, 633. On y applique le pendule, M. II. 258. Varient par la température, 268. Leurs progrès récents, III. 109.
- Horloges marines, III. 111.
- Hornsby, M. III. 106
- Horoscope, ancien instrument, A. 197, 433.
- Horoscope des villes comme des hommes, M. I. 138.
- Horrebow, M. II. 655, 679.
- Horroxe, M. II. 152. Sa mort, 156. Cité, 426, 583.
- Horsley, M. III. 102.
- Hortensius, M. II. 137, 162, 265.
- Hôtelleries, noms des signes du zodiaque, A. 475.
- Huene, île près du Danemarck, où Tycho a observé, M. I. 388.
- Huyghens, M. II. 227, 257. Il applique le pendule aux horloges, 258. Il invente le micrometre, 266. Cité, 391, 394, 657. Sa mort, 679. Cité, 713; III. 267.
- Hygin, M. I. 129, 499.
- Hypatia, M. I. 207.
- Hypparque, fondateur ou restaurateur de

de l'Astronomie, M. I. 78. Commence sa carrière, 80. Ses défauts & son éloge, 116. Son commentaire sur Aratus, 447. Il n'y a qu'un Hypparque, 468. Ce commentaire ne lui a point fait découvrir le mouvement des étoiles, 484. Ses ouvrages 489.

I

JAHJA, M. I. 580.

Jamchid, M. I. 610.

Jans (Zacharie) inventeur du télescope, M. II. 85.

Janfon (Guillaume) M. II. 237.

Janus, fable de Janus, A. 99.

Ibn Ionis, M. I. 579.

Jeaurat, M. III. 119, 129, 131, 133.

Jésuites, leur ordre a été utile à l'Astronomie, M. II, 374.

Ignorance, n'a rien produit; elle altère, mais n'invente rien, A. 262. M. I. 226. Demeure la même à la Chine, 265. Elle imite & ne corrige point, 282. Ignorance de l'Europe au septieme siecle, 577.

Impulsion primitive, une des forces qui font mouvoir les planetes, M. II, 479. Elle se conserve dans un milieu sans résistance, 500. Est peut-être, suivant Newton, la cause de la gravité, 557. Cela est difficile à concevoir, 558.

Inclinaison; celle de la lune est variable, M. I. 408. Connue à la Chine,

Tome III

624. Des satellites de Jupiter, II, 331. D. Cassini croit les quatre égales, 334. De la lune, la théorie donne ses variations comme l'observation, 510; III. 151. Des satellites de Saturne, II. 593. Celle du second satellite de Jupiter est variable, 594. Celles des quatre satellites ne sont point égales, III. 67. Variation de celle du troisieme, 68. Périodes de ces variations, *ibid.*

Inde, ancien nom de l'Ethiopie, A. 156, 294.

Indictions, M. I. 210.

Indiens, ne sont point inventeurs, A. 107. Inepties qu'ils mêlent aux vérités des sciences, 115, 116. Leur chronologie, 107, 329. Leurs Brames sont venus du nord, 334. N'ont rien reçu de l'Astronomie greque d'Alexandrie, M. I. 281.

Inégalité, double dans les planetes, M. I. 101. Il n'y en a plus qu'une, suivant Copernic, 350. Il explique l'inégalité réelle par un épicycle, 360. De la lune; Kepler les attribue au soleil, II. 112. Des planetes, méthode de les déterminer, 292. Inégalité réelle, démontrée par Dominique Cassini, 314; de Jupiter, manifestée par les satellites, 330. soupçonnées dans les mouvemens des satellites de Jupiter, 421; & de Saturne, 592. Constatées dans les mouvemens de Jupiter & de Saturne par M. le Monnier &

Bbb

J. Cassini, III. 64. Des satellites, 69.
 Infini, comment on s'en forme l'idée, M. I. 26. Kepler répugnoit à l'admettre, II. 39.
 Informes, étoiles, M. I. 558.
 Instrumens, nécessité que les plus anciens Astronomes en aient eu, A. 51. Les Chinois en ont eu fort anciennement, 120 & 122. Les Chaldéens, 150. Ce sont de nouveaux organes, M. I. 62. Ce sont de nouveaux moyens de progrès, 79. Instrumens pour mesurer les diamètres, I. 99. Instrumens énormes, construits par les Arabes, M. I. 233; de Waltherus, 313; de Copernic, 355; de Reinhold, 367. Perfectionnés par les transversales & le Nonnius, *ibid.* C'est leur perfection qui fait les progrès des sciences, 371. On les fait de métal; Juste Birge & Tycho les perfectionnent, *ibid.* De Cassel, 372. Quart de cercle de vingt-un pieds de rayon, 380. Le sextant est imaginé par Tycho, 400. Il roule sur un globe, 401. Leur vérification due à Tycho, 401. Erreur des anciens instrumens, 443, 455. Leur grandeur, 456. De l'Ecole d'Alexandrie, 567. Premier quart de cercle, 568. Niveau appliqué, *ibid.* Grands instrumens des Arabes, 598. Instrumens chinois cent quatre ans avant notre ère, 617, 623. Instrument d'Y-hang à

la Chine, 631. Leur perfection en Europe dans le siècle dernier, M. II. 264, 270. Micrometre, 266. On y applique les télescopes, 270. & les micrometres, 275. Mural, 280. Nécessité de les vérifier, 298, 347. Donnés par Louis XIV, 347. Menés par des rouages, 464. Réticules, 596. Quartier anglois & octant, III, 113. Perfection des instrumens modernes, 121. Héliometre, 122. Micrometre objectif, 124. Micrometre de M. l'abbé Rochon, 125. Lunette à double image, 129. Une des causes de notre supériorité sur les anciens, III. 324. Leur perfection pourroit causer une révolution dans l'Astronomie, 340.

Intelligences qui meuvent les astres; Absurdité de cette opinion, M. II. 48. Rappelée encore en 1695, 652.

Intercalation, a eu lieu dans l'usage de la période de six cents ans, & doit avoir la même antiquité, A. 69. D'un jour tous les quatre ans, connue chez les Indiens, 112. Connue à la Chine, 124. Intercalation lunaire, *ibid.* Des Perses tous les cent vingt ans, 130. Abhorrée en Egypte, 165. Les Prêtres qui en sont chargés, la négligent à Rome, 437. Intercalation bissextile à Rome, M. I. 127; chez les Arabes, 217. Ingénieuse d'Omar & des Perses, 251. Jordanus Brunus, M. II. 31.

Jours épagomènes, A. 160. Inventés, dit-on, à Thebes, 161. Jour de vingt-quatre heures observé par Pitheas, 255. Division du jour, 70, 110, 329, 383. Mal connue à Rome, 438; en Grece, 445. Les différens peuples le commencent à différentes heures, 385, 400. Jours folaires, leur inégalité, M. I. 90. Jour astronomique, 91; M. II. 284.

Iris, voyez Aberration.

Irradiation, M. II. 385; III. 199.

Isaac-Abensid-Hazan, Auteur des Tables alphonstines, M. I. 299.

Isaac-Ben-Honain, M. I. 579.

Isidore, M. I. 376.

Isochronisme des pendules, découvert par Galilée, M. II. 82.

Juan (Don Georges) M. III. 18.

Julius Firmicus, M. I. 207, 570.

Jupiter, hypothèse de Ptolémée, M. I. 192, 552. Ses taches découvertes par Zucchi, M. II. 165. Sa figure aplatie, 327. Sa masse, 495. Sa période de quatre-vingt-trois ans, 582. Son mouvement paroît s'accélérer, 583. Sa surface paroît livrée au ravage des eaux, 715. C'est l'effet de la grande chaleur, 717. Il est encore brûlant, 728. Ses inégalités, III, 64. Travaux des Astronomes, 131. Théorie de ses dérangemens, 168. Sa figure est la principale cause du mouvement des nœuds & des absides de ses satellites, 180. On

croit que sa rotation n'est pas uniforme, 227. Variation de son excentricité, 249.

Juste Birge, M. I. 372.

K

KEIL, M. II. 672.

Kepler, M. II. 5. Héritier & successeur de Tycho, 12. Son ouvrage sur l'optique, *ibid.* Sur l'étoile du Serpenteaire, 33. Son Commentaire sur Mars, 43. Il applanit le chemin de Newton, 62. Progrès de ses idées, 72. Ses Tables rudolphines, 95, 125. Ses *Harmonices mundi*, 115. Sa pauvreté, sa mort, 125. Injustice de Riccioli; mérite de Kepler, 127. Comparé à Descartes, 192. On l'a lu d'abord sans l'entendre, 210. Les modernes lui doivent leur première supériorité, III. 323.

Kian-ki, M. I. 624.

Kirch, M. II. 678.

Klingenstierna, M. III. 117.

Klinkenberg, M. III. 132.

Koblay, M. I. 679.

Kœstner, M. III. 132.

Kratzenstein, M. III. 132.

L

LABOURAGE, facile en Egypte, M. III. 285. Dans le nord on laboure au printems, 287.

La Grange, M. III. 156. Sa théorie

- des mouvemens de l'axe lunaire ,
 166. Sa Théorie des fatellites de
 Jupiter , 177. Sa Théorie du mou-
 vement des nœuds des planetes ,
 185. Ses recherches sur le retour des
 cometes , 206 ; sur les équations
 séculaires , 232. Cité , 249.
- La Lande , M. III. 65 , 79 , 101 , 108 ,
 131 , 133 , 170 , 175 , 180 , 230.
- La Hire , M. II. 257 , 327 , 385 , 387 ,
 388 , 581 , 597 , 611 , 619 , 626 ,
 628 , 630 , 695.
- La Hire (fils) M. II. 400.
- Langrenus (Michel) M. II. 216.
- Lansberg (Philippe) M. II. 154.
- La Place , M. III. 49 , 156 , 162 , 208 ,
 232. Son idée nouvelle sur la trans-
 mission de la gravité , 238. Cité ,
 249 , 250.
- Lapprey (Jean) M. II. 84.
- Lafus Magnes , M. I. 446.
- Latitudes des astres , Hypothèses de
 Ptolémée , M. I. 194. Tycho ap-
 perçoit que celles des étoiles chan-
 gent , 407. Kepler détruit toutes les
 libérations imaginées pour les chan-
 gemens des latitudes , M. II. 112.
- Changement de celle des étoiles ,
 constaté par Halley , 663. Ce chan-
 gement est propre aux étoiles , & n'est
 pas le même que celui qui a été re-
 marqué par Tycho , *ibid.* M. Euler
 donne la cause du changement ob-
 servé par Tycho , III. 172.
- Latitude terrestre , première latitude
 observée à Marseille , A. 256. Con-
 nue à la Chine , 351 ; aux Indes ,
 112 , en Grece , 464. D'Alexandrie ,
 M. I. 83. Au moyen du gnomon ,
 113. D'Alexandrie , 460. Celle de
 Samarcande bien observée , 610.
 Observée à la Chine , 629.
- Laval (le pere) M. II. 622.
- Laurentius , M. I. 575.
- Leibnitz , M. II. 720 ; III. 137.
- Lemery , M. III. 156.
- Leontius , M. I. 577.
- Leucippe , A. 229 , 457.
- Lever héliaque d'une étoile , A. Disc.
 p. XIV. Levers & couchers des
 étoiles , font les plus anciennes ob-
 servations. On en a fait en Chal-
 dée , 144 , 363. Bien observés par
 les anciens , 430. Observés en
 Arabie , M. I. 216. Levers & cou-
 chers des étoiles expliquent les fa-
 bles , suivant M. Dupuis , III. 273.
- Lexell , M. III. 79 , 83 , 108.
- Libration de la lune , découverte par
 Galilée , M. II. 133. Observée par
 Gassendi , 172 ; par Hévelius ; il
 découvre celle de longitude , 223.
 Dominique Cassini en trouve la
 cause , 397.
- Lidtemberg , M. III. 132.
- Lieou-hiao-tsun , M. I. 628.
- Lieou-hong , M. I. 624.
- Lieou-tcho , M. I. 628.
- Liesganig , M. III. 41 , 132.
- Lieues de trois milles , M. I. 514.
- La circonférence de la terre en con-
 tient neuf milles , II. 348.

Lieutaud, M. II. 678.

Li, mesure chinoise, M. I. 521.

Li-fang, M. I. 621.

Limites des éclipses, assignées par Ptolémée, M. I. 183, 542.

Linemann, M. II. 214.

Linus a chanté l'Astronomie, A. 186.

Sa période, 187.

Lion, signe du domicile du soleil, A. 316. A été transposé dans le ciel, M. III. 295, 299.

L'Isle (de) M. II. 380, 588, 628, 663; III. 96, 131.

Logarithmes; Kepler attribue leur invention à Juste Birge, M. I. 373. Inventés par le Baron de Neper, II. 108. Employés pour la première fois dans les Tables rudolphines, 125.

Loia-hong, M. I. 617.

Longitude terrestre, connue anciennement à la Chine, 351. Déterminée par les éclipses, M. I. 115.

Connue à la Chine, 277. Différence anciennement mesurée, 464.

Observée à la Chine, 629. Kepler la cherche par les éclipses de soleil,

II. 27. Galilée par les satellites de Jupiter, 135; & Peiresc, 171. Méthode de Morin par la lune, 175.

Méthode des taches de la lune, 216. Des satellites de Jupiter, 329.

De D. Cassini par les équinoxes, 589. De Halley par le saros de la lune, 635. Degré mesuré en longitude, III. 38. Méthode des horloges marines, 110. Prix du Parle-

ment d'Angleterre, *ibid.*; & des autres nations, 111.

Longomontanus, M. II. 140, 427.

Louis XIV, M. II. 521.

Louis XV, M. III, 4.

Louville, M. II. 275, 616, 626, 628, III. 7.

Loxodromie, courbe décrite par un vaisseau, traitée par Nonnius, M. I. 370.

Lucifer, Planete de Vénus, A. 308 & 210, voyez Hesper.

Lumière, son inflexion observée par Grimaldi, M. I. 166. Système de Descartes, 193. Lumière reçue par les planetes, 401. Zodiacale, 411, voyez ce mot. Elle n'est point instantanée; sa vitesse est mesurable, 417. On en doute d'abord, 418. Cette découverte a été confirmée depuis, 422. Différente des satellites de Jupiter, 451. Théorie de Newton, 561. Sa décomposition, 562. Est envoyée du soleil, 564. Les cometes en réparent la perte, 567. Sa réfrangibilité, 568. Son mouvement progressif confirmé par Bradley, 670. Elle est l'évaporation du soleil, 692. Mesure de celle des satellites de Jupiter, III. 71. Expérience fautive de Newton, 117. De la lune éclipsée, 200. Des étoiles, moyen de la mesurer, 335 Du cinquieme satellite de Saturne, moyen de la mesurer, 336.

Lune, son mouvement propre fut le

premier connu , A. 25. Ses phases furent l'objet des premières observations , *ibid.* Explication de ses phases , 26. Elle est ronde & sphérique , *ibid.* Sa route est inclinée à l'écliptique , 51. Inégalité de son mouvement , 52. Période de cette inégalité , *ibid.* Les Indiens la croient plus éloignée que le soleil , 116. Explication de ses phases par Bérofe , 136. Sa lumière est empruntée , suivant les Chaldéens , 139. La période de son inégalité , connue en Chaldée , 140. Lune , terre éthérée , 168. La lune est la soixante-douzième partie de la terre , suivant les Egyptiens , 174. La lune a une lumière propre , suivant Thalès , 200. Habitable , suivant Anaxagore , 205. Animaux de la lune , quinze fois plus forts que les nôtres , 213. Dragon qui veut dévorer la lune , superstition ancienne & générale , 337. Son mouvement bien connu des Chaldéens , 380. Sa querelle avec le soleil , 521. Sa distance estimée par Aristarque , M. I. 16 , 18 , 448. Il estime aussi sa grandeur relative à la terre , *ibid.* Par Eratosthenes , 39. Sa latitude connue d'Hypparque , 94. Sa parallaxe , *ibid.* L'inégalité de son mouvement , 97. Ses distances mesurées par Hypparque , 99. Sa lumière cendrée , connue de Possidonius , 120. Sa distance donnée par Possidonius , 122.

Seconde inégalité de la lune découverte par Ptolémée , 172. Sa route ressemble à un ovale , suivant Reinhold , 366. Troisième inégalité découverte par Tycho , 407. Il découvre l'inégalité du mouvement de ses nœuds , & la variation de son inclination , 408. Il apperçoit la quatrième inégalité , & en fait une équation du tems , *ibid.* Sa révolution déduite par nous de la période de six cents ans , 451. Connoissance de son mouvement , perfectionnée par Hypparque , 475. Sa révolution , suivant Geminus & Eudoxe , 490. Ses mouvemens vérifiés par Ptolémée , 534. L'épicycle & l'excentricité ne suffisoient pas pour la lune , 536. Distances mal connues de Ptolémée , 537. La parallaxe trop grande , *ibid.* Ses révolutions , suivant les Chinois , 620 & 634. Elle est éclairée par la terre , M. II. 22. Ses taches crues des erreurs de la vue ; Kepler fait voir que la lune est semblable à la terre , 23. Il lui suppose une atmosphère , 27. Il avance qu'elle est attirée par la terre , 45. Galilée la voit hérissée de montagnes & semblable à la terre , 87. Il mesure ces montagnes , *ibid.* Sympathie de la lune & de la terre suivant lui , 133. Sa libration découverte par lui , *ibid.* Son excentricité variable , suivant Horroxe , 155. Oscille comme un pendule , suivant Vendelinus , 158.

Ses observations proposées pour les longitudes , 175. Hypothèses de Bouillaud, semblables à celles d'Horoze , 212. Langrenus se sert de ses taches pour les longitudes , 216. Selenographie d'Hévélius , 217. Il s'occupe de sa théorie , 219. Question de son atmosphère , 383. Idées sur ses taches , 387. Seche , sans eaux & glacée , 388. Sa rotation découverte par D. Cassini , égale à son mouvement de translation , 396. Seconde lune soupçonnée par Dominique Cassini , 449. Est troublée par le soleil , 505. Ses apsidés ont un mouvement , suivant la théorie , 507. Newton n'a qu'ébauché la solution du problème de ses inégalités , 508. La théorie donne le mouvement de ses nœuds , 510. Sa masse estimée par Newton , 532. On a cru que la terre tournoit autour d'elle , 605. Ses fulminations , 626. Premières Tables dressées sur la théorie de Newton , 632. Erreurs des Tables observées par Halley , pour l'usage des longitudes , 635. Sa ressemblance avec la terre , 712. Sa surface paroît sans eaux , 714. C'est l'effet du froid , 717. Est glacée , 728. Sa figure , III. 54. Egalité du mouvement des nœuds de son équateur & de son orbite , *ibid.* Elle a une atmosphère , mais si petite qu'elle paroît prête à s'anéantir , 97. Observations de cette planète par

M. le Monnier , 131. Ce qui restoit à faire dans sa théorie , 141. Travaux de MM. Clairaut , d'Alembert & Euler , 141. La théorie indique toutes les équations fournies par les observations 149. Ses Tables par M. Clairaut , 155 ; par M. Maïer , *ibid.* Sa force déterminée par M. d'Alembert , 159 ; par M. D. Bernoulli , 161. Ses inégalités de figure font l'égalité de sa rotation & de son mouvement périodique 166 ; & celle du mouvement des nœuds de son équateur , & du mouvement des nœuds de son orbite , 167. Sa lumière quand elle est éclipsée , 200. Son origine , suivant M. de Maupertuis , 216. Sa ressemblance avec la terre sur le coup qu'elles ont reçu , 226. Son équation séculaire , 234.

Lunettes , voyez Telescope.

Lunette méridienne , M. II. 600.

Lyons , M. III. 133.

M

MAC-LAURIN , M. III. 160.

Magie , liée à l'Astronomie en Chaldée , A. 135.

Maïer , M. III. 132.

Maïer (Tobie) de Göttingue , M. III. 93 , 131 , 155 , 169 , 171 , 234.

Maire , M. IV. 41.

Mairan , M. II. 409 , 413 , 415 , 606 ; 722 ; III. 217 , 223 , 267.

Maisons, noms des signes du zodiaque, A. 475.

Mallebranche, M. II. 379.

Mallet, M. III. 132.

Malvasia, M. II. 267.

Manethon, Astronôme Egyptien, est livré à l'Astrologie, M. I. 31.

Manfredi, M. II. 655.

Manilius, M. I. 129, 497.

Manlius, M. I. 498.

Manlius (Théodore) M. I. 573.

Manuscrits orientaux, M. I. 638.

Maraldi (l'oncle) M. II. 321, 385, 451, 452, 581, 594, 597.

Maraldi (neveu) M. II. 593; III. 36, 67, 69, 73, 131, 133.

Marées, connues de Possidonius, M. I. 121. Expliquées par Newton, II. 529.

Maria (Dominique) M. I. 338; II. 390.

Marin de Tyr, Géographe, M. I. 147.

Mariotte, M. II. 613.

Marivetz (le Baron de) M. III. 268.

Marius (Simon) M. II. 102, 103; III. 258.

Mars, hypothèse de Ptolémée, M. I. 192, 552. Fait connoître l'imperfection des théories, 314. Son mouvement difficile à expliquer, II. 43. On lui a cru un satellite, 148. Fontana lui voit une tache, 166. Découverte de sa rotation, 319. Sa parallaxe sert à trouver celle du soleil, 365. Maraldi examine sa théorie, 583. Ses taches, 603. Sa théorie rectifiée par

M. de la Lande, III. 131. Ses dérangemens, 170.

Martianus Capella, M. I. 574.

Maskeline, M. III. 31, 41, 105, 112, 132.

Mafon, M. III. 41, 106, 132.

Masse des corps, M. II. 488; du Soleil, de Jupiter, de Saturne, 495. Estimée de la lune, 532. Celles des Satellites de Jupiter, III. 179. Les comètes n'en ont qu'une petite, 196, 222.

Matérialisme, source de l'Astrologie, A. 268. Les systèmes de Roger Bacon & de Leibnitz, M. I. 306.

Mathias Corvin, M. I. 308.

Mateucci, M. III. 132.

Maupertuis, Flamand, M. II. 145.

Maupertuis, Géometre François, M. II. 700; III. 7, 13, 216.

Maurepas, M. III. 12.

Maurolicus, M. II. 340.

Mechain, M. III. 75, 133.

Melander, M. III. 132.

Melichshah, Restaurateur en Perse, M. I. 250.

Menelaüs, Astronôme, M. I. 134, 503.

Mercator, M. II. 213.

Mer, sa profondeur, M. III. 163.

Mercure, son vrai mouvement connu, A. 57. Des Egyptiens, 170. Silence de Ptolémée à cet égard, 412. Son hypothèse sur cette planète, M. I. 191, 548. Raïson de ce silence, 196. Averroès croit le voir sur le soleil.

Soleil , 241. Alpetragius lui donne une lumière propre , 244. Sa route ressemble à un ovale, suivant Rhinhold , 367. Observé par Sosigènes , qui a peut-être connu son vrai mouvement , 495. Ses phases observées , M. II. 94. On le voit sur le soleil , 151. Shakerlæus se rend à Surate pour le voir sur le soleil , 157. Passage observé par Hévélius , 233 ; par Halley , 435. Ces passages peuvent donner la parallaxe , *ibid.* Sa théorie rectifiée par M. de la Lande , III. 131.

Mercuré Trismégiste , le même que Thot & Butta ; le premier Mercure , le plus ancien , vivoit avant le déluge , A. 79 , 317. Age des trois Mercures , 131 , 356. Instruisit l'Ethiopie , 159 , 397. Ses observations , 160. Il n'est point un emblème , 319. Auteur de la division du zodiaque , 496. Observations qui lui sont attribuées , 587.

Méridien , cercle fictif , son invention , A. 38. Premier méridien fixé aux îles fortunées , M. I. 114. Différences des méridiens , observées par les éclipses , *ibid.* Hagecius propose de faire dans le méridien les observations qu'on faisoit dans les azimuths ; sa méthode n'est point reçue alors , 376. Différence entre Arbelles & Carthage , 464 ; voyez Longitude ; ils ne sont peut-être pas semblables , III. 46. Cette ques-

tion vaudroit la peine d'être résolue , 52.

Méridienne , ligne , méthode de la tracer , M. II. 286. Méridienne de l'observatoire , prolongée dans le Royaume , 350. On soupçonne qu'elle peut changer , 354 , 389. Filaire , 589. Celle de France vérifiée , III. 34.

Mers supposées dans la lune , M. II. 387. On y voit des cavités , 388.

Merfenne (le Pere) M. 570.

Messalah , Juif , M. I. 225.

Messier , M. II. 451 , 587 ; III. 75 , 80 , 258.

Mesure de la terre dans les tems anciens , A. 77 ; par les Chaldéens , 146 ; par Eratosthènes , M. I. 35 ; par Dionysiodore , 37. Méthode pour cette mesure , *ibid.* Quatre mesures différentes nous ont été conservées , 145. Ne sont qu'une même mesure , 149 , 505. Anciennes mesures géographiques à la Chine , 152. La mesure ancienne de la terre est très-exacte , 157. Elle est telle qu'elle a dû être prise au quarante-neuvième degré , 159. Mesure de la terre par Possidonius , 164. Autre mesure citée par Cléomède , 166. Des Arabes , 222 , 581. A la Chine , 267. Hypparque s'en est occupé , 487. De Possidonius , 528. Citée par Cléomède , 530. Les anciens n'ont pas toujours fait ces mesures sous le même méridien , 531. Mesure chi-

- noise, 629. Méthode de Maurolicus, M. II. 340; de Riccioli, 341; de Snellius, 342; de Norwood, *ibid.* Mesure de France, 343. Mesures rapportées à un même niveau, 347. Mesure de France, vérifiée, 348; de Blaeu, *ibid.* De sept degrés en France, 637. Paraissent diminuer comme ceux de l'orbite de la lune, 638. Huitième degré, 639. Mesure proposée par les degrés des parallèles, III. 6. Mesure des degrés au pôle, 13; à l'équateur, 18. On y mesure le méridien, & non l'équateur, 21. Mesure vérifiée du degré de Picard, 35. L'erreur étoit dans sa base, *ibid.* Cette erreur corrigée concilie toutes ces mesures, 38. D'un degré de longitude. Mesure de M. de la Caille, 40; & d'autres Astronomes, 41. Ces mesures altérées par les montagnes & par le voisinage de la mer, *ibid.*
- Mesure. Chaque étendue a sa mesure, M. I. 55. Mesure des angles, 56. Rapport de toutes les mesures anciennes, 152. Ces mesures ont été réglées sur celle de la terre, 156, 509. Tableau général des mesures anciennes, 526.
- Mesure universelle, M. II. 355.
- Mesure de dix coudées, analogue à notre perche, M. I. 524.
- Merius (Jacques) M. I. 84.
- Meton, A. 224, 451, n'est point l'inventeur de sa période, 226, 451.
- Metrodore, A. 231.
- Meurisse, M. II. 366.
- Michell, M. II. 687, 707.
- Micromètre, a pu être connu de Coche-ou-King, M. I. 279, 636. Son invention en Europe, M. II. 266. Perfectionnée par Malvasia, 267; par Auzout, 268. Revendiqué par Gascoigne, 269. Appliqué aux quarts de cercle, 275. Son usage, 283.
- Millæus, M. I. 504.
- Mille arabe; sa mesure, M. I. 148, 528, 582. Mille de trois mille coudées à Florence, 514; grec, 515; romain, *ibid.* Hébreu, 518. Mille italique, 528, 582.
- Mnesistrate, A. 223.
- Mobile, premier mobile; sphère du ciel, qui, suivant les anciens étoit la cause du mouvement journalier des astres & du mouvement des étoiles en longitude, A. 48; M. I. 491.
- Mœstlin, maître de Kepler, M. I. 382, 396, 410; M. II. 5, 22, 25, 71, 121, 597.
- Mohamed-ben-Moufa, M. I. 580, 583.
- Mois astronomiques réglés sur le soleil, connus des Indiens, A. 112, 336. Pleins & caves des Grecs, 193. Mois de seize & de trente-cinq jours en Italie, *ibid.*, 435. Mois de trente jours établis avant le déluge, 307. Mois de quinze jours aux Indes

- & à la Chine, 336. Origine de ces mois de quinze jours, 486. Mois chinois, 350. Mois des Perses, 354. Des Mexicains de vingt jours, M. I. 287. Anciens mois égaux chez les Chinois, 620.
- Molieres (l'abbé de) M. III. 267.
- Molyneux (Samuël) M. II. 655.
- Monde, sa durée; accord des différens peuples à cet égard, A. 10 & 305. Idées de Pythagore sur sa formation, 212. Sa figure est celle des élémens, 215. Tradition sur sa naissance, 392, 414, 483. Passage d'un ancien monde dans celui que nous habitons, 520. Sa fin prédite par les Astrologues, M. I. 245. Sa forme est sphérique, suivant Copernic, 340. L'homme est son image, suivant Tycho, 436. A une forme plus large que longue, suivant Varron, 495. Kepler répugne à son étendue infinie, II. 39. Comment Kepler le divise, 114. Est plein, suivant Descartes, 181. Idées de Halley sur son étendue infinie, 664.
- Mondes, pluralité des mondes, connue en Egypte, A. 168; d'Anaximandre, 200; de Pythagore, 213, 447; de Xenophanes, 228, 456. Métrodore, 231. Les Indiens en comptent quinze, mais ce ne sont pas des planetes, 321. Opinion renouvelée par Jordanus Brunus, M. II. 31. Rajeunie par Huyghens & par Fontenelle, 712.
- Monnier (le) M. II. 384; III. 13, 59, 64, 73, 93, 94, 131, 133, 265.
- Montagne, M. II. 409; III. 133.
- Montagnes qui environnent la terre, A. 520, 522. Mesurées par Eratosthènes, M. I. 445. Lunaires, leur hauteur mesurée par Galilée, II. 87; de Vénus, 604; de notre globe; attirent les corps, première preuve, III. 27. Seconde preuve, 30. Observations de M. de la Caille, 31; de M. Maskelyne, *ibid.* Cette attraction influe sur la mesure des degrés, 41.
- Morin (J. B.) M. I. 428; II. 174; 634.
- Morveau, M. II. 492.
- Mouton, M. II. 223, 356.
- Mouvement, sa décomposition; Fracastor en a la première idée, M. I. 327. Tous les points du système solaires peuvent être des centres apparens du mouvement, 342. Il est naturellement en ligne droite, II. 46. Progrès des connoissances à cet égard, 59. Idée du mouvement, 65. Galilée en donne la première notion exacte, 79. Il en établit la composition & la décomposition; tout mouvement curviligne est composé, 80. Loix de Descartes, 181.
- Mouvement circulaire, le premier connu dans le ciel, A. 39. Préjugé des mouvemens circulaires, établi

par Pythagore , 210. Origine de ce préjugé , M. I. 56. Mouvement circulaire , mesure des angles , *ibid.* Doit être uniforme , suivant Copernic , 341. Est le caractère de l'antiquité , II. 1. Il n'y en a point de tel dans la nature , 46. La cause du mouvement circulaire est dans le centre , suivant Kepler , 57. C'est la rotation du soleil , suivant Kepler , qui fait mouvoir les planetes circulairement. Mouvements circulaires détruits par Kepler , 71. N'a point été décomposé par Descartes , 185. Bouillaud y tenoit encore , quoique partisan de Kepler , 210.

Mouvement des planetes , expliqué par celui du premier mobile , par Alpetragius , M. I. 242 ; par les cieus solides de Purbach , 309 ; par Fracastor , 323. Mouvement composé des cometes II. 247 ; de tous les corps célestes , 462. Progrès modernes de la connoissance de ce mouvement , III. 130.

Muharran , mois de paix chez les Arabes , M. I. 217.

Muller , voyez Regiomontanus.

Munofius , M. I. 382.

Mural , M. II. 280.

Murdoch , M. III. 102.

Musée , supposé l'inventeur de la sphère , A. 184. C'est lui qui a peut-être donné les noms aux constellations , *ibid.* & 512.

Musique des astres , suivant Pythagore ; A. 214 , 447.

Mydorge , M. II. 175.

Mystères , en usage partout dans l'antiquité , peut-être sagesse chez les anciens , A. 134 , 172. Ils couvroient la doctrine de Pythagore , & furent funestes à ses disciples , 217. Chez les anciens Suédois , 323.

N

NABONASSAR , A. 146.

Nassiredin , Astronôme Persan , M. I. 254 , 606 , 607.

Nature , sa simplicité est une idée ancienne , renouvelée par Kepler , M. II. 3. Idées de Kepler , 41 , 42. Celles de Descartes , 180. Newton démontre la simplicité de ses loix générales , 486. Elle est simple dans son système , 554. Elle manifeste l'attraction , 555.

Nausica , A. 187.

Nauteles , A. 233.

Navarre , M. III. 129.

Navigation , par les étoiles , A. 426.

Nébuleuses , étoiles connues des anciens. M. I. 557. Découverte de celle d'Andromede , II. 103 ; d'Orion , 228. Les vraies n'ont point d'étoiles visibles , 257. Histoire de celles d'Andromede , 258. On croit qu'elles peuvent changer , 259. On ignore leur nature ; ce sont des espaces lumineux , énormes , 261. Derham

les croit plus loin que les étoiles , 262.

Necepsos , Astronôme Égyptien , A. 169 , 416.

Neper (le Baron de) M. II. 108.

Nessa , mois des Arabes , M. I. 217.

Neuruz , A. 130.

Newton (Jean) M. II. 157 , 208.

Newton (Isaac) son Idée pour régler la chronologie , A. 509. Il vient comme pour séparer la lumière des ténèbres , M. II. 471. Il confirme la première loi de Kepler , 474 ; la seconde , 475 ; la troisième , 485. Enchaînement de ses idées , 528 , 530 , 574. Son livre des principes 559 , 573. Sa modestie , 560. Caractère de son génie , 575. Les premiers qui ont appliqué sa théorie en Angleterre & en France , 632. Sa mort 679. On commence à suivre ses principes en France , III. 7. Avoit eu idée de l'octant , 113. Son système est le résultat des découvertes déjà faites , 326 ; & la base des découvertes futures , 327.

Nicetas de Syracuse , A. 221.

Nicolas V , M. I. 308.

Nigidius , Astrologue ; ses prédictions , M. I. 138 , 496.

Niveau , connu & appliqué aux instrumens anciens , M. I. 568.

Nœuds , ceux de la lune , A. 51. Découverte de leur mouvement , 53. Ce mouvement peut être connu en Grece , 243 , 460 , 463. Inégalité

de ce mouvement , M. I. 408. Connu à la Chine , 624. La théorie donne leur mouvement , comme l'observation , II. 510 ; III. 151. Des planetes , paroissent se mouvoir , II. 582. La Hire a cru que la ligne des nœuds pouvoit ne point passer par le soleil ; 631. Libration de ceux des satellites de Jupiter , III. 69. Les nœuds de toutes les orbites sont en mouvement , 171. Ceux des comètes rétrogrades ont un mouvement direct. 196.

Nolthius , M. I. 411.

Nonnius (division de) M. I. 368 , 370.

Nord , c'est le nord de l'Asie qui a éclairé le monde : preuves , 1°. la période de cent quatre-vingt ans , dont les Indiens ont quelque notion , A. 76 , 96. 2°. Les pèlerinages des Indiens en Sibérie , 96. 3°. Les lamas sont Bramanes , 97. 4°. La fable du phœnix appartient au nord , 97. 5°. Observations anciennes , faites sous la latitude de seize heures , ou de quarante-neuf degrés , 100 , M. I. 362 , 563. 6°. Zoroastre décrit un pays où le plus long jour de l'été est double du plus long jour d'hiver , A. 100. 7°. Temple à la Chine , dédié aux étoiles du nord , 101. 8°. Les fables mêmes montrent une marche suivie du nord vers le midi , 103. Voyage au nord par Pithéas. Il n'est pas le premier , 255. On y peut placer l'origine des Atlantes , 286.

Le ciel n'est point contraire aux observations vers le nord de l'Asie , 323. On y trouve l'origine de bien des peuples , 327. Partage égal des constellations , qui semble avoir été fait sous le pôle du nord , 365. Brames jadis établis en Tartarie , M. I. 275. La mesure de la terre peut avoir été faite vers la latitude de quarante-neuf degrés , 159 , 278. Nord de l'Europe , plus anciennement peuplé , 192. La fête d'Adonis y a son origine , 293.

Norwood , M. II. 342.

Nubacht , M. I. 583.

Numa , règle l'année , A. 194 , 436.

Plus ancien que Pythagore , 437.

Nutation de l'axe de la terre , M. III.

58. Théorie de M. d'Alembert ,

157.

O

OBÉLISQUES , sont des gnomons , A.

175 , 321. Très-anciennement terminés en boule , *ibid.* D'Auguste ,

M. I. 497.

Obliquité de l'écliptique , connue des

Indiens , A. 112. Soupçonnée de

vingt-cinq degrés , *ibid.* 333. Sa

variation peut être connue en Egypte ,

167 ; en Grece 242 , 460. Cette

obliquité se déduit de l'observation

de Pitheas , à Marseille 256 , 471.

Mesurée par Eratosthènes , M. I.

33 , 454. Vérifiée par Hypparque ,

83. Variable , suivant Thebith ,

228 , 590. De vingt-quatre degrés à

la Chine , 269. Fracastor remarque

sa diminution , 331. Est libratoire ,

suivant Copernic , 357. Il lie sa va-

riation à celle de la précession , *ibid.*

Il attribue ces mouvemens à notre

globe , *ibid.* Observation d'Eratosthènes ,

appréciée , 455 , 459. Ob-

servée chez les Arabes , 579 , 599 ,

602 , 608. Par Albategnius , 593.

Décroissante , suivant Alnodham ,

608. Observée par Ulug-beg , 612 ;

& par les Chinois , 619 , 636. Ven-

delinus renouvelle l'idée de la va-

riation , II. 160. Observée par Gas-

fendi , 171. Méthode de l'observer ,

290. Observée à Caienne , 368 ; par

Louville , 616. Il renouvelle l'idée

de sa diminution , *ibid.* La Hire le

combat , 619. M. Godin prend sa

défense , 621. Sa variation est con-

statée , III. 173 ; mais reconnue libra-

toire , 174.

Objectifs , voyez Verres.

Objet de l'Astronomie , A. Discours

p. II.

Observation , premier objet de l'Astro-

nomie , A. Discours , p. V. Obser-

vations suivies à la Chine , 126 ; en

Chaldée , 144. Observations d'é-

clipses , 168. Première observation

faite en Grece , 226. Observation

faite par Aristote , 244. On peut

dire que les Grecs n'en ont point

fait , 258. Observations d'éclipses ,

410. Observations perdues , 411.

- Les observations suivies ne datent que de l'École d'Alexandrie, M. I. 6. Observations perdues, I. 84. De Cassel, 373. Méthodes réformées par Tycho, 398. Méthode des plus grandes & des plus petites hauteurs, due à Tycho, 402. De Tymocharis, 444. D'Hypparque, 468. Erreur des observations anciennes, 448, 455, 457. Des observations arabes, 581. Observation d'Hermès, 587. Leur perfection dans le siècle dernier, II. 272. Méthode de les faire, 284. Tables de la Hire, construites sur les seules observations, 630. De Flamsteed, 650. Il conserve longtemps la méthode des distances, *ibid.* De la lune par M. le Monnier, III. 131. Recueils des observations de Londres & de Paris, 133. Observatoire de Tycho, M. I. 389; de Coppenhague, II. 141, 208; d'Altorf, *ibid.*; d'Hévélius, 217; de Paris, 278. Toit tournant, 279; de Greenwich, 431. Différens observatoires en Europe, 678; du Prince de Croy, III. 94. Occultations, des étoiles, M. II. 297. Octaéteride de Cléopâtre, A. 223, 237, 450. Octant de Hadley, M. III. 113. Oculaires, voyez Verres. Ogygie, île, A. 325. Oliver, M. III. 133, 254. Omar Cheyam, Perse, M. I. 250. Ombre de l'anneau de Saturne, M. II. 402. Ombre de Jupiter, M. I. 329. Ombre de la terre, est conique; remarquée d'Aristote, A. 245. Sa largeur estimée par Aristarque, M. I. 18. L'atmosphère de la terre y contribue, II. 623. Ombre des satellites de Jupiter, M. II, 450. Oppositions, des planetes au soleil; observées d'abord par Ptolémée, M. I. 192. Tycho les déterminoit relativement au lieu moyen du soleil. Kepler montre l'absurdité de cet usage, M. II. 50. Optique, traité de cette science par Ptolémée, M. I. 204, 560; par Alhazen, 237. Cultivée par Kepler. II. 12. Perfectionnée par Descartes, 193, 198; par MM. Euler & Dollond, III. 116. N'a pas fait les progrès qu'on espiroit, 120. Oriani, M. III. 132. Orientaux, nés sous un ciel chaud; pour l'esclavage & pour l'ignorance, A. 362. N'ont rien fait que par la constance des travaux, M. III. 322. Origines, toujours un peu incertaines, M. I. 476. Orion, Astronome, M. I. 476. Orphée, le premier Poète Grec, a chanté l'Astronomie, A. 185, 425. Sa période, 187. Osimandué, ancien Roi, sa couronne,

A. 178. Son tombeau existe encore, 523.

Osiris, pleuré pendant quarante jours, A. 104, 325.

Ostanes, Astronôme Persan, A. 135.

Ourse, ses étoiles anciennement connues, A. 294; M. I. 32. Servent à naviguer, A. 426. D'abord la grande, ensuite la petite; 427. La petite surnommée phénicienne, 441. Connue des Iroquois, 286.

Ovale de D. Cassini, M. II. 315.

Ovale, déjà indiqué par Rheinhold & par Mœstlin, pour représenter le mouvement des planetes, M. II.

71.

Oxford, M. II. 151.

P

PAGAN, M. II. 208.

Palamède, auteur de la division de la nuit, A. 189.

Palmes, mesure, M. I. 512. Sa valeur, 515.

Pappus, M. I. 207, 572.

Pâque, réglée par le cycle de Methon, M. I. 208; par Denis le Petit, 209.

Parallactique (instrument) *voyez* le mot instrument.

Parallatique (machine) première idée de cette machine, M. I. 403; II. 601.

Parallaxe, sa définition, M. I. 95. Comete qui en a une, 410.

Parallaxe de la lune, découverte par

Hypparque, M. I. 94; 475, 477.

Devient la mesure des distances, 97, 478. Ptolémée la détermine, 175; en longitude, en latitude,

177. Connue à la Chine, 279.

Celle de Ptolémée est trop grande,

537. Calcul de cette parallaxe par Ptolémée, 539. A la Chine, 633.

Kepler s'en occupe, II. 27. Méthode générale pour l'observer, 300.

Déterminée exactement en Europe,

III. 101. Elle varie à cause de la figure de la terre, 102. M. Mur-

doch la cherche par la théorie; *ibid.*

Parallaxe du soleil; Hypparque doute

qu'il y en ait une, M. I. 99. Méthode de Ptolémée pour la dé-

terminer, 179, 541. Variations de Kepler à cet égard, II. 113. Il l'es-

time d'une minute. Vendelinus la réduit à 15", 160. Méthode gé-

nérale pour l'observer, 300. Opinions différentes, 363. Dominique Cassini

la réduit d'abord à 12", 364. Sa méthode par la parallaxe de Mars,

365. Il la réduit ensuite à 9" $\frac{1}{2}$, 367. Halley la détermine par le passage

de Mercure, 436. Parallaxe de 45", 437. Méthode par le passage de

Vénus, *ibid.* M. Horsley la cherche par la théorie, III. 102. Fixée avant

les passages de Vénus, à 10", 104. Incertaine par le passage de 1761,

106. Fixée à 8" $\frac{1}{2}$ par celui de 1769, 108.

Parallaxe

Parallaxe du grand orbe ; parallaxe annuelle née du mouvement de la terre , fournit le moyen de mesurer les distances des astres , M. I. 357 ; II. 302. Des étoiles ; tentatives pour la découvrir , 653 , 669. Flamsteed croit la découvrir ; J. Cassini démontre l'erreur , 654. J. Cassini croit celle de Sirius de 6" , 656. Expériences & calculs d'Huygens , 658. On ne la connoîtra peut-être jamais III. 60. Méthode pour en tenter la mesure , 62.

Parafange , sa mesure , M. I. 148. Réglée sur la circonférence de la terre , 509. Evaluée par M. Danville , 518.

Parménides , A. 229 , 457.

Parménion , inventeur d'une espee de cadran , M. I. 74.

Pas d'Hérodote , égal à peu près au pas géométrique , M. I. 515. Mesure des plus anciens Perses , 517. Chinois , 521 , 524.

Pascal , M. II. 175 , 613.

Passages de Vénus & de Mercure , voyez ces mots.

Passages (instrument des) M. II. 600.

Paul de Midelbourg , M. I. 427.

Paulus , M. I. 572.

Peiresc , M. II. 159 , 169.

Peleciton , espee de cadran , M. I. 75.

Pendule , connu des Arabes , M. I. 246. Cette connoissance n'a peut-être pas été inventée chez eux , 248.

La réinvention a été revendiquée pour Juste Birge , 373. Elle paroît appartenir à Galilée , II. 82. C'est lui qui en établit l'isochronisme ; il s'en sert pour mesurer le tems de la chute des corps , 83. On s'en sert dans les observations , 234. Son application aux horloges , 258. Sa longueur fixée pour battre les secondes , 259. Il s'allonge par la chaleur , 263. Moyen d'y remédier , 264. Mesure universelle , 355. Inégalité soupçonnée dans sa longueur , 357. Son accourcissement à l'équateur , 369. Ce phénomène est confirmé , 373. Mesuré par M. Bouguer , III. 25. Il faut l'accourcir sur les montagnes , 26.

Pénombre , inconnue aux anciens , distinguée par Kepler , M. II. 21.

Penfilia , cadrans portatifs , M. I. 75.

Perche , mesure connue à la Chine , M. I. 524.

Périhélie , M. II. 292. Méthode de J. Cassini , 584.

Périodes , lunifolaires , leur découverte , A. 53. Celle de 18 ans 11 jours , & celle de 19 ans , connue avant le déluge , 65. A la Chine , 122 , 349. En Grece , 224 , 308 , 451. La période de six cens ans est du même tems , 66 & 309. A été réellement inventée par les Astronomes de ce tems , 309 & suiv. Connue des Chaldéens , 140. Période de 3600 ans connue des In-

diens, 111. 331. A la Chine, 121. En Chaldée, 140. Période de 12 ans, connue à la Chine, 122. En Chaldée, 140, 380. Elle n'est que la révolution de Jupiter, 141. Les noms des années sont des noms d'animaux, 344. Période de l'intercalation chez les Perses, 130, 354. de 18 ans 11 jours, connue en Chaldée, 139, 378. Période de 54 ans, aussi en Chaldée, 140, 378. De 1460 ans en Egypte, 163. De 36525 ans, 165. Période olympique de 2 ans, de 4 ans, 193, 237. De 8 ans chez les Romains, 195. Chez les Grecs, 223, 450. De 59 ans, 220, 221, 448. De 82 ans, 230, 458. De 160 ans, 237. De 76 ans, 249. De 2484 ans, 265; M. I. 19. De 18 ans, A. 308. Périodes imaginaires des Indiens, 328. De 1000 ans, 392. Prétendue période de 36525 ans, expliquée, 165, 404. De 25 ans en Egypte, 405. Période de 180 ans, 77, 342. Soupçon de son origine, M. II. 7. De 5552 ans, A. 468. De 10800, 120, 920, 9984, de 365, de 7767, de 36000, de 18000, de 15000, de 12000, de 28000, de 3000, de 12954, de 10884, de 9977, de 657000, de 1753200 ans, 469, I. 625. Périodes singulières indiquées par Achilles Tatius de 350635 ans pour Saturne; de 170620 ans pour Jupiter; de 120000 ans pour Mars,

A. 470. Période des fixes de 36000 ans, suivant Hypparque, 110. De 532 ans de Denis le Petit, 209. De 28 ans, cycle solaire, 210. De 15 ans, indictions, *ibid.* Période julienne de 7980 ans, 210. Connoissances à la Chine, qui pourroient rappeler les périodes prétendues grecques de 18000 & de 36000 ans, 271, 625. Des Mexicains de 52 ans, 287. Cabalistique de 49 ans & de 7 ans, 299. De 49000 ans, 300. Période de 600 ans, connue d'Hypparque, 469. Périodes de 6585 $\frac{1}{3}$ jours; de 19756 jours; de 4267 mois; de 5458 mois, de 251 mois, examinés par Hypparque, 474. De 360 ans solaires, 585. De 120 ans lunaires, *ibid.* Période de 19 ans, connue à Siam, 614; à la Chine, 916. Périodes chinoises de 4617, 1539, 143127, & de 76 ans, 621. De 1520, de 4560 ans, 622. Période de 60 ans, y fert pour les jours & les années, *ibid.*

Pérou, pyramides qui y sont dressées, M. III. 24.

Perrault, M. II. 257.

Perses, anciens, A. 129. Leur chronologie, 353. Leur Astronomie, 354. Leurs anciennes Tables, M. I. 605. Persans modernes, 609.

Pesanteur, sa variation sur le globe, M. II. 371. Méditations de Newton sur ce phénomène, 473. Etendue jusqu'à la lune, 474. Confondue

- avec l'attraction , 476. *Voyez* ce mot. C'est elle qui retient la lune , 481. Diminue en allant du pôle à l'équateur , & plus qu'on ne croyoit , III. 25 ; & sur les montagnes , 26.
- Petau , son Uranologion , M. I. 447 ; II. 169.
- Pétersbourg , son Académie , M. II. 678 ; III. 52.
- Petofiris , Astronôme Egyptien , A. 169 , 416. Auteur d'un planisphère , 506.
- Peucer , M. I. 385.
- Peuples , d'abord chasseurs , ensuite pasteurs , enfin agriculteurs , M. III. 283. Le zodiaque en montre des vestiges , 284.
- Phaëton , origine supposée de sa fable , A. 188.
- Phainus , maître de Méton , A. 224. n'a point de part à sa période , 452.
- Phafes , de Vénus & de Mercure , semblables à celles de la lune , M. II. 94.
- Phéniciens , ont appliqué l'Astronomie à la navigation , A. 154.
- Phœnix , emblème du soleil des pays septentrionaux , A. 97. Emblème de la période sothique , 164.
- Pherecide , son gnomon , A. 197.
- Philippe III , Roi d'Espagne , M. III. 111.
- Philippe , Duc d'Orléans , Régent de France , M. III. 111.
- Philippe Medmœus , A. 248 , 464.
- Philippe Opuntius , A. 248.
- Philolaüs , A. 219.
- Philoponus , M. I. 211.
- Philosophie , ses voyages tracés par Lucien , A. 156. Elle vint de l'Asie en Grece , 185. Fondée en France par Gassendi , M. II. 172 ; & par Descartes , 177.
- Phocéens , établis à Marseille , M. I. 294.
- Phrygiens , plus anciens que la lune , A. 153.
- Picard , M. II. 273 , 327 , 344. Son voyage à Uranibourg , 352. Cité , 378 , 380.
- Pichincha , montagne du Pérou , M. III. 26.
- Pictet , M. III. 132.
- Pied romain , mesure , M. I. 512 ; Grec , 513 ; Philetérien , *ibid.* ; Italien , *ibid.* ; de Drusus , 514. Pied d'Herodote , 515 ; Chinois , 521.
- Pierres , les anciens gravoient sur des pierres , A. 22 , 145 , 324.
- Pilgram , M. III. 132.
- Pingré , M. III. 74 , 83 , 105 , 106 , 108 , 112.
- Pinnules , inconnues au tems d'Archimede M. I. 22. Ce que c'est , 59. inventés par Hypparque , 480.
- Planetes , leur découverte , A. 29. Tantôt directes , tantôt rétrogrades , sujettes à deux inégalités , 55. Leurs stations , leurs apparitions d'abord observées , *ibid.* Leur ordre dans l'univers , 56. Connues des Indiens , 116 ; des Chinois , 123 ; des Chaldéens , 138. Observées en Egypte , 168. Ont chacune une sphère , 211.

Eclipsées par la lune , 244. Prétendue explication de leurs inégalités par les Pythagoriciens , 446. Leurs noms , 516. Les caractères qui les désignent , 518. Hypparque n'ose entreprendre la théorie des cinq planetes , M. I. 100. Leur ordre , suivant Ptolémée , 188. Ptolémée explique les deux inégalités , 190 , 547. Leur théorie par Purbach , 309 ; par Fracastor , 323. Selon lui , ce sont leurs cercles , & non elles , qui se meuvent , 324. La cause du mouvement n'est point en elles , 325. Sont toujours à la même distance , suivant Fracastor , 330. Leurs théories par Copernic , 350. Leur inégalité expliquée par un épicycle , 360. Leurs révolutions , suivant les anciens , 481. Suivant Vitruve , 501. Leurs grandeurs par Ptolémée , 542. Leurs révolutions , suivant les Persans modernes , 609. Observées à la Chine , 630. Nouvelles planetes créées par Kepler , II. 10. Il a d'abord cru qu'elles avoient une lumière propre , 30. Il trouve la cause de leur mouvement dans le soleil , 56. C'est son atmosphère qui les fait circuler , 60. Kepler les compare à des aimans , 61. Ne décrivent point des cercles , 71. Loi de leurs révolutions , 119. Leur formation , suivant Descartes , 187. Leur position déterminée , en les comparant aux étoiles , 291. Elémens de

leur théorie , 292. Leurs grandeurs , 304. Leur lumière reçue , 401. Leurs habitans , 402. L'attraction est une des deux forces qui les fait mouvoir , 477. L'impulsion primitive est l'autre , 479. Un seul pouvoir les assujettit toutes , 484. Leurs masses , 495. Comment elles s'éloignent & se rapprochent du soleil , 497. Se meuvent dans le vide , suivant Newton , 501. Leurs apsidés immobiles , suivant lui , 502. Agissent les unes sur les autres , 504. Leur théorie examinée par la Hire & par Maraldi , 581. Leurs apsidés & leurs nœuds paroissent se mouvoir , 582. Leur ressemblance extérieure , 712. Leur mouvement paroît avoir eu une seule cause , 719. C'est le choc d'une comete , 720. Ont toutes été liquides & brûlantes , 726. Leur refroidissement , 727. Soleils éteints , 731. Dérangent les cometes , III. 85. Astre singulier de 1781 , qui est peut-être une planete , *ibid.* Progrès de la connoissance de leur mouvement , 130. Théorie de leurs dérangemens par M. Euler , 168 , 170. Oscillation de leurs nœuds & de leurs inclinaisons , 186. Changent les révolutions des cometes & le tems de leur retour , 191. Une même cause les a lancées dans l'espace , 219. Leur rotation vient de l'obliquité du coup qui les a frappées , 225. Semblent se mouvoir

plus vite lorsque la force d'impulsion diminue, 235. Peuvent être dérangées par les comètes, 243. Leur moyen mouvement & les dimensions de leurs orbes sont un objet éternel de recherches, III. 337.

Planisphère où étoient marquées deux mille cinq cens étoiles à la Chine, A. 126. Un autre de quatorze cent soixante, 494, trouvé à Rome, 504, à Acmin en Egypte, 505. De Ptolémée, M. I. 565. De Sinensius, 573. De Bayer, II. 149.

Planmann, M. III. 132.

Plantade, M. II. 623.

Platon, A. 233, 459.

Pléiades, leur occultation bien observée, A. 430. Constellation la plus anciennement observée, 477. Annonçoient le printems, ont commencé l'année, 478. Appelées le Poisson en ancien persan, 479.

Plein, système de Descartes, M. II. 181.

Plethre, Mesure, M. I. 512. Sa valeur, 515.

Pline, passage corrompu de Pline, A. 371; M. I. 130.

Pluche, cité & combattu, A. 288.

Plutarque, M. I. 130.

Poczobut, M. III. 132.

Poirevin, M. III. 133.

Polaire, étoile connue des Chinois, A. 120. C'étoit * du Dragon, *ibid.*

Cette étoile leur sert à trouver la ligne méridienne, 126. Il n'y avoit

point d'étoile polaire au tems de Pytheas, 256. C'étoit * du Dragon du tems de Chiron, 427. Nommée le Pasteur, le Roi, 474. Connue des Iroquois, M. I. 286. Indiquée par Vitruve, 502. Autre étoile polaire connue à la Chine, 629.

Pôle, ancien instrument, A. 383.

Pôle, méthode d'observer sa position & sa hauteur, M. II. 289. On a cru qu'il pouvoit changer de lieu, 389.

Polémarque, A. 241.

Poleni, M. III. 5.

Porphire, M. I. 569.

Possidonius, M. I. 118.

Pound, M. II. 327, 451.

Précession, inégale, suivant Copernic; liée par lui à la variation de l'obliquité de l'écliptique, M. I. 357. Sa quantité déterminée par Tycho, 406. Théorie de Newton, M. II. 519. De M. d'Alembert, III. 157.

Recherches de M. de la Place, 164.

Lunaire, recherches de M. d'Alembert; théorie de M. de la Grange, 166. Celle de la terre est altérée par l'action des planetes, 172.

Problème des trois corps, sa solution, M. III. 143. Elle fait l'honneur de notre siècle, 154. Elle confirme le système de Newton, 155.

Proclus, M. I. 207, 495, 574.

Projections, méthode des projections; due peut-être à Apollonius, M. I. 48. Son usage pour les cartes célestes, 107.

Prométhée ; origine supposée de sa fable, A. 187.

Prospanclina, espece de cadran, M. I.

74.

Prosperin, M. III. 82, 132.

Prostahistoroumena, espece de cadran,

M. I. 73.

Ptolémée Philadelphie, Roi d'Egypte, restaurateur de l'Astronomie, M.

I. 40.

Ptolémée, Astronome, M. II. 170.

L'histoire de ses vraies découvertes

est difficile, *ibid.* Comparé à Hyp-

parque, 172. A travaillé beaucoup

& mérité sa réputation, 206. S'est

approprié souvent ce qui n'étoit pas

à lui, 481. Sa patrie, 533. Sa cen-

sure minutieuse, 534. Arrangeoit,

ou plutôt choisissoit les observations,

553. Ses ouvrages, 561. A été ob-

servateur, 566.

Purbach, Astronome, M. I. 309.

Pyramides d'Egypte, orientées, A.

176, 418. Leur ancienneté, 177.

Dressées au Pérou, M. III. 24.

Pythagore, A. 207. Il est le premier

qui fut nommé Philosophe, 209. Ses

idées sur la formation de l'univers,

212. Fin de sa secte, 222.

Pitheas, A. 255. Observa la latitude

de Marseille, 256, 471.

Q

QUART DE CERCLE, voyez Instrument.

Quartier Anglois, M. III. 113.

Questions sur le système du monde ;

M. III. 214.

Queues des comètes ; Appian remar-

que qu'elles sont toujours opposées

au soleil, M. I. 366. De la même

nature que leur corps, suivant Re-

giomontanus, 412. Leur déflexion

observée par Tycho, 413. Scintil-

lation apperçue par Hévélius, II.

242. Ce sont des vapeurs, suivant

Newton, 549. Sont dues à la répul-

sion, suivant M. Oliver, III. 254.

Quietanus, M. II. 152.

Quito, on y mesure un degré de l'é-

quateur, M. III. 19.

R

RAYON ASTRONOMIQUE, instrument,

M. I. 368. Premier instrument de

Tycho, 379.

Rassad, observatoire tartare, M. I.

254.

Ratte (de) M. III. 133.

Réduction à l'écliptique, connue de

Ptolémée, M. I. 188, 543. A la

Chine, Y-hang l'a connue, 630.

Réformation du calendrier, voyez Ca-

lendrier.

Réfraction, première idée de ses ef-

fets, M. I. 119. Connue de Cléo-

mede, 125. Elle élève les astres,

ibid. Connue de Ptolémée, 200.

Théorie de ce phénomène, 201.

On croyoit qu'il étoit borné à l'ho-

rizon, 202. Ptolémée a vu qu'elle

accourciſſoit les diamètres , 203 ,
 560. Bien développée par Alhazen ,
 237, 601. Méthode d'Alhazen pour
 l'observer , 241. Reconnue par Wal-
 therus , 323. Tycho en apperçoit
 l'effet dans les observations , 403.
 Pour être variable , ſuivant les lieux ,
 404. Attribuée aux vapeurs groſ-
 ſières , *ibid.* Bornée à quarante-cinq
 degrés , *ibid.* Tycho croit que la
 diſtance des aſtres y fait quelque
 choſe , & qu'il y a des réfractions
 différentes pour les différens aſtres ,
 405. Ceſſe à quarante-cinq degrés ,
 ſuivant Tycho , II. 13. Kepler l'en-
 tend juſqu'au zénith , 15. Comparée
 dans l'air & dans l'eau , 14. Les
 réfractions ſont les mêmes pour
 tous les aſtres , 15. Différent ſur la
 terre , 16. Obſervées à la nouvelle
 Zemble , 17. Leurs loix découvertes
 par Deſcartes & par Snellius , 195.
 Théorie de Deſcartes , 196. La lu-
 mière ſe rompt à chaque pas dans
 l'atmoſphère , ſuivant Linemann ,
 215. Méthode de les observer ,
 300. Travail & hypothèſe de Do-
 minique Caſſini , 359. Caſſini en-
 ſeigne , & l'obſervation démontre
 qu'elles ſ'étendent juſqu'au zénith ,
 362. Inégales la nuit & le jour ,
 l'été & l'hiver , le matin & le ſoir ,
 380. Plus petites à l'équateur , 381.
 Plus grandes en Suede , *ibid.* Epici-
 cloïde , courbe de la réfraction , 611.
 Travail de M. Bouguer , III. 90.

Sont plus petites ſur les montagnes ,
 leurs limites , 91. M. le Monnier
 démontre qu'elles changent avec
 la température , 92. Travail de
 M. Maïer & de M. de la Caille ,
 93.

Réfraction horizontale , déterminée
 par Tycho le premier , M. I. 404.
 Expérience d'Hauſbée , 607 , &
 de de Liſle , 608. Elle eſt propor-
 tionnelle à la denſité de l'air , 609
 & 610. Méthode de M. le Monnier ,
 III. 94.

Réfraction lunaire , découverte par
 M. du Séjour , M. III. 96.

Reggio , M. III. 132.

Regis , M. II. 379.

Reinieri , M. II. 137, 165.

Reiſacherus , M. I. 383.

Religion , éloigne Tycho du ſyſtème
 de Copernic , M. I. 418. Elle n'y eſt
 point contraire , *ibid.*

Réſultats des obſervations ; connoiſ-
 ſances acquiſes dans le ciel , ſecond
 objet de l'Aſtronomie , A. Diſcours
 prélim. p. vj.

Réticules de fils inclinés , M. II. 596.
 pour les éclipſes , 597. Rhomboïdes ,
ibid.

Rétrogradations des planetes , phéno-
 mène ſingulier , A. 54. Première
 explication par les épicycles , M.
 I. 46. Vraie explication de Coper-
 nic , 350.

Révolution , il y a eu une révolution
 qui a changé l'état des choſes , &

- qui a détruit les sciences, A. 59.
 Ce qui nous en reste renferme, non des élémens, mais des débris, 18.
 Les différentes révolutions des astres ont produit autant de mesures du tems, dont on a tenu compte, 90, 295. Révolution des planetes, suivant les anciens, 481. Suivant Vitruve, 501. Leur loi, M. II. 119.
 Rheinhold, M. I. 366; II. 71.
 Rheita, M. II. 101, 147.
 Rheticus, M. I. 361; II. 43.
 Riccioli, son injustice envers Kepler, M. II. 127. Ses ouvrages, 166. Cité, 238. Sa mesure de la terre, 341. Cité, 457.
 Richer, M. II. 366.
 Roberval, M. II. 273.
 Rochon, M. III. 125.
 Roemer, M. II. 416, 419, 609, 655, 679.
 Roger Bacon, M. I. 302. Veut réformer la philosophie, 305.
 Romulus, année de Romulus, A. 194.
 Rook, M. II. 213, 426.
 Rotation du soleil, devinée par Kepler, M. II. 60. Sa découverte, 104. Des étoiles, 239. De Jupiter, 317. De Vénus, 321. Elle est perpendiculaire, 325. On soupçonne celles de Saturne & de Mercure, 326. Mais on ne peut les découvrir, 404. Soupçonnée des satellites, 452. Peut être semblable à celle de la Lune, 453. Celle de Jupiter semble variable, 602. Des étoiles, 705. Du soleil, déterminée par plusieurs Astronômes, III. 131. De la Lune; recherches de M. d'Alembert; théorie de M. de la Grange, 166. Celle du Soleil est la cause du mouvement des planetes, suivant M. Bernoulli, 223. la rotation des planetes vient de l'obliquité du coup qui les a frappées, 225. Celle de la Terre est-elle uniforme, 227. On a eu des soupçons sur celle de Jupiter, *ibid.*
 Rothman, M. I. 372.
 Rowley, M. II. 655.
 Roy (le, Julien) M. III. 109.
 Roy (le, son fils) M. III. 112.
 Roy (le, son autre fils) de l'Académie des Inscriptions, M. I. 146.
 Rumowski, M. III. 132.
 Runes, pierres sur lesquelles les Suédois écrivoient, A. 324.
 Russie, pourroit résoudre la question de la dissimilitude des méridiens, M. III. 52.
 S
 SACROBOSCO, M. I. 298.
 Sage (le) M. III. 269.
 Saisons, division en six saisons, M. I. 216. Au Mexique, 288. Leur différence expliquée par Copernic, 352.
 Salaheddin, M. I. 610.
 Salivaganam;

Salivaganam, Roi Indien, A. 115, 335.

Sare, a eu différentes durées, A. 296.

De 222 mois, *ibid.* de 223, *ibid.*,

307. De 60, de 600 & de 3600 ans,

377, 379. Halley s'en sert pour les

longitudes, M. II. 635. M. le Mon-

nier suit cette idée, III. 131. Re-

marques de M. le Gentil à cet égard,

ibid.

Saron (le Président de) M. III. 86.

Satellites, leur origine, suivant M. de

Maupertuis, M. III. 216.

Satellites de Jupiter, découverts par

Galilée, M. II. 90. Ils sont sem-

blables à la Lune, 92. Simon Marius

prétend à la découverte, 102. On

leur donne les noms des maîtresses

de Jupiter, 103. On croit en voir

de nouveaux, 148. Peyresc fait con-

noître leur révolution. Vendelinus

montre qu'ils observent les loix de

Kepler, 159. Leurs éclipses, 329.

Leur orbite inclinée, 331. La durée

des éclipses est inégale, *ibid.* Domi-

nique Cassini croit leurs inclinaisons

égales, 334. Font connoître la vitesse

de la lumière, 417. Inégalités soup-

çonnées dans leurs mouvemens,

421. Ils ont des taches, 450. Leur

rotation soupçonnée, 452. Elle pour-

roit être semblable à celle de la lune,

452. Equation de la lumière, 592.

Inclinaison variable du second, 594.

Leurs excentricités, III. 67. Mou-

vement de leurs apfides, *ibid.* Libra-

tion de leurs nœuds, 69. Leurs

inégalités, *ibid.* Progrès de leur théo-

rie & de leurs Tables, 70. En s'é-

clipsant, leur lumière doit diminuer

par degrés, *ibid.* Cause d'inégalités

optriques indiquées par M. de Fou-

chy, 71. Déterminées par M. Bailly,

ibid. Leurs nœuds paroissent directs,

quelle en est la cause, 175. Pertur-

bations du soleil, 176. Théorie de

leurs inégalités par M. de la Grange,

177. Essais de M. Bailly sur le même

sujet, *ibid.* Leurs masses, 179. Cause

de la variation de leurs nœuds & de

leur inclinaison, 180. Oscillation

singulière de ces nœuds, 184. Ils

offrent encore beaucoup de tra-

vaux, 332.

Satellites de Saturne, Huygens en dé-

couvrir un, M. II. 231. D. Cassini

en découvre quatre autres, 391.

Astres de Louis; ce nom ne leur est

pas resté, 393. Ils suivent les loix

de Kepler, 394. Le cinquième dis-

paroît souvent, 395. Cause soup-

çonnée par D. Cassini, 398. Halley

s'occupe de leur théorie, 592. Ils

offrent encore beaucoup de tra-

vaux, III. 332. Moyen de me-

surer la lumière du cinquième,

336.

Satellite de Vénus. D. Cassini croit

en voir un, M. II. 407. M. Short

& M. Montagne l'ont cru voir de-

puis, 408. On doute cependant de

son existence, 409.

- Saturne , personnage qui pourroit être né dans le nord , A. 325.
- Saturne , planete observée particulièrement chez les Chaldéens & dans le nord , A. 325, & 362. Hypothèse de Ptolémée , M. I. 192, 552. Sa figure singulière apperçue par Galilée , II. 92. Ses apparences mal expliquées par Hévélius , 225, bien expliquées par Huyghens , 228. Huyghens lui découvre un satellite , 231. D. Cassini , quatre , 391. Ses taches , 402. Elles semblent hors de son globe , comme l'anneau , 403. On ne peut découvrir sa rotation , 404. Sa masse , 495. Son mouvement paroît se ralentir , selon Flamsteed , Maraldi , J. Cassini & M. le Monnier , 583 ; III. 64. Est encore brûlant , II. 728. Ses inégalités , III. 64. Autre dérangement observé , 65. Travaux des Astronomes , 131. Théorie de ses dérangemens par M. Euler , 168. Doit avoir une rotation , 219. Variation de son excentricité , 250.
- Savery , M. III. 124.
- Scaliger , sa période , M. I. 211, 396. Son explication de la scintillation des étoiles , M. II. 37.
- Scaphé , espece de cadran , M. I. 73. Inventé par Aristarque , 454.
- Schaal (le Pere) M. I. 374.
- Schah-Arschin , mesure , M. I. 325.
- Scheiner (le Pere) M. II. 104. Sa *Rosafurina* , 144, 601.
- Schœne égyptien , sa mesure , M. I. 151. Originaire d'Asie , 512. Evalué par M. Danville , 518, 520. Persien , 524.
- Schiller (Jules) son ciel chrétien , M. II. 150.
- Sciences , mystérieuses chez les anciens , A. 134, 171, 223. L'intérêt personnel a corrompu leur culte , M. I. 319. Leur union apperçue par Kepler , II. 19.
- Scopas , inventeur d'une espece de cadran , M. I. 74.
- Scorpion , occupoit jadis deux signes , M. I. 484.
- Sécantes , leur usage commence dans le calcul astronomique , M. I. 365.
- Sedileau , M. II. 678.
- Séjour (du) M. III. 82. Sa théorie des éclipses , 198. De l'anneau de Saturne , 200. Ses recherches sur la lumière de la lune éclipsée , *ibid.* Ses recherches sur les comètes , 201. Sa méthode pour déterminer leur orbite , 206. Cité , 217, 221, 253.
- Sélénographie , Voyez Carte de la lune.
- Seleucus d'Erythrée , A. 221.
- Semaine de sept jours , connue des Indiens , des Chinois & des Egyptiens , A. 63, 159. Noms des jours chez les Indiens , 336. Dédicée aux sept planetes , 62, 408. Les Grecs ne les ont adoptées que fort tard , 453. Au Pérou , M. I. 286.

Sened, M. I. 583.
 Seneque, ses connoissances, sa prédiction, M. I. 130, 543.
 Ser, pays de Ser, le même que la Syrie ou l'Asie, A. 284.
 Serpent, emblème du monde, du tems des révolutions, A. 515.
 Sésostris, fait faire des cartes, A. 443.
 Seth, est, dit-on, l'inventeur de l'Astronomie, A. 283.
 Sethward, M. II. 151, 208, 211.
 Sextant, *voyez* Instrumens.
 Shah Cholgius, Astronôme Persan, M. I. 147, 608.
 Shakerlæus, son voyage, M. II. 157.
 Sharfedaula, Calife, M. I. 222, 596.
 Short, M. II. 327, 408; III. 106, 124, 131.
 Shulze, M. III. 132.
 Siamois, leur Astronomie est d'une date récente, M. I. 283. Expliquée par D. Cassini, *ibid.* 612. Ne tiennent leur Astronomie ni de Chine, ni de Ptolémée, 615.
 Siene, sa distance à Alexandrie, M. I. 458.
 Signes du zodiaque, distingués des constellations, A. 421. Signes combinés, signe azigos, 423. Observés par Cléoftrate, 450. Signes du zodiaque chez les Indiens; leurs conformités & leurs légères différences avec les nôtres, 487. Ont porté dans l'Asie anciennement les noms des années de la période de douze ans, 493. Dédiés aux douze grands

Dieux, 495. Désignés d'abord par des noms tirés de la vie pastorale, 498. Inventés en Asie, 499. Les caractères qui les désignent aujourd'hui, viennent des hieroglyphes, 514. Il y en a toujours eu douze, 484. Leurs noms ont pu être transposés, 588. Différent des constellations, M. III. 279. Leurs noms ont signifié quelque chose, 281. Ne sont chez les Indiens & les Chinois que la douzième partie de la course solaire, 302. Ont reçu des noms relatifs aux travaux de l'année, 305. Ne sont que des divisions que les Indiens additionnent & multiplient, 307. C'est postérieurement qu'ils sont devenus des constellations; c'est l'ouvrage des Chaldéens, 309. Les douze ne faisoient jadis qu'onze constellations, 311.

Signes caractéristiques du mouvement du soleil, incertains quant à leur objet & quant au tems de leur institution, M. III. 301. Ils ont été placés tard, 304. Ils appartiennent à la révolution tropique, 306. Ils ont été pourtant appliqués à la révolution sidérale, *ibid.*

Silvabelle (Saint-Jacques) M. III. 133.

Simplicius, M. I. 576.

Sinus, calculés de deux en deux secondes par Juste Birge, M. I. 373. Les Arabes les premiers en ont fait usage, 586, 596.

Siringes, souterrains où furent les colonnes de Thor, A. 284.

Sirius, étoile, voyez Canicule. On lui a cru une parallaxe de six secondes, M. II. 656.

Sixte IV, M. I. 390.

Slope, M. III. 132.

Snellius, M. II. 162, 195, 342.

Sobieski, M. II. 455.

Socrate, A. 222.

Sœpher, M. III. 133.

Soleil, son mouvement journalier, apparent, fut le premier connu, A.

24. Son mouvement propre, apparent, découvert, 28. Inégalité de

ce mouvement, 49. Connue des Indiens, 112. Tradition égyptienne

sur un changement de son cours, 167. Est un feu pur, suivant Thalès,

200. Suivant Anaxagore, 203. Se meut en ligne droite, suivant Xe-

nophanes, 228. Décrit une spirale vers les pôles, suivant Cléanthes,

248. Tous les Dieux font ses symboles, 316, 320. Levers & couchers

extraordinaires du soleil, 166, 405, 407. Tradition sur le change-

ment du mouvement du soleil, 405.

Sa distance estimée par Aristarque, M. I. 16; par Eratosthènes, 39. Sa

grandeur par le même, 42. Son inégalité découverte par Hypparque,

86. Sa distance par le même, 99; par Possidonius, 122. Sa théorie vé-

rifiée par Albategnius, 228, 593. Son immobilité enseignée par Aris-

tarque, 452. Méthode d'observer le soleil par les éclipses de lune, con-

nue des Chinois, 624. Kepler lui suppose une atmosphère, H. 27. Il

rectifie la théorie de cet astre, 54. Sa vertu mortice, comparée à la

lumière, 59. Sa rotation devinée par Kepler, 60. Ses taches décou-

vertes par Galilée, 92. Sa forme elliptique à l'horizon, 145. Sa paral-

laxe assez bien établie par Vendelinus, 160. Son diamètre mesuré par

Gassendi, 172. Sa formation, suivant Descartes, 186. Son diamètre

fort bien mesuré par Mouton, 234. Tables de son mouvement par Do-

minique Cassini, 315. Sa parallaxe & sa distance par D. Cassini, 367.

Sa masse, 495. Environ mille fois plus puissant lui seul que tous les

corps de notre système, 496. Il cede lui-même à l'attraction des planetes,

503. Méthode de Flamsteed pour l'observer, 589. Doit se mouvoir,

664. Systèmes de soleils, 687. Sa masse paroît liquide, 690. A un

noyau solide, 695. Ce noyau se consume, 697. Sa vraie distance,

sa grosseur, III. 109. Sa théorie par M. de la Caille, 131. Ses inégalités,

170. Est déplacé par les planetes, effets sensibles de ce déplacement,

191. Variation de son excentricité, 250. Il n'est pas en repos, il doit

avoir un mouvement de translation dans l'espace, 263.

Solon, corrige l'année en Grece, A.

191.

Solstices. Leur découverte, A. 39.

Leur distance mesurée, 42. Trou-

vée d'abord de vingt-quatre degrés,

43. De toute antiquité à la Chine,

119. Détermination du solstice par

Chueni à la Chine, 124. C'est l'épais-

seur de l'air vers les pôles, qui fait

rebrouffer le soleil, selon Anaxagore,

204. Première observation du sol-

stice, faite en Grece, 226. Observée

par Aristarque, M. I. 18. Hypparque

y substitue l'observation des équi-

noxes, 86. Observés au Pérou, 285.

Méthode de les observer, II. 290.

Méthode de Halley, 388. De Flam-

steed, 389.

Sonnerie, les anciens en avoient une

à leurs Horloges, M. I. 68. Mais

ce n'étoit qu'un signal; le nombre

des heures n'étoit pas indiqué, *ibid.*

Connue en Asie, M. I. 219.

Sosigenes, auteur du calendrier Julien,

M. I. 127, 494.

Sothique, période Sothique, A.

164.

Sphère, voyez Armilles. Connue des

Chinois, A. 120, 343, 350. Divi-

sion de la sphère apportée dans la

Grece par Thalès, 196. Pythagore

en établit douze, 211. Multiplica-

tion des sphères, 240. Son inven-

tion très-ancienne, 292. D'Eudoxe,

424. Sphères persienne, indienne

& barbarique, 488, 507. Epoque

présumée de l'arrivée de ces sphères

à Babylone & en Grece, 490. Sphère

greque, 512. Ce mot signifioit d'a-

bord les constellations, il ne signifie

plus que l'assemblage des cercles du

ciel, M. I. 29. Sphère parallèle,

droite & oblique, 30. Cette science

des cercles de la sphère est due à

l'Ecole d'Alexandrie, 31. Hypparque

rapporte le premier à ces cercles le

lieu des astres, 82. Sphères des

astres, rétablies par Fracastor, 326.

Distinction des sphères, 497. Sphère

tracée dans le ciel, II. 291. Trois

sphères, III. 276. La barbarique &

la persienne se ressemblent, l'in-

dienne en differe tout-à-fait, *ibid.*

Indienne, son examen; elle est

la plus antique, 292. Persienne;

son examen, 294. Des pasteurs;

ne doit contenir que des noms

d'animaux. Ceux de la période de

douze ans en font un reste, 297.

Persienne est la source de la nôtre;

mais avec de grandes différences,

298. Sphères semblent naître les

unes des autres, 300.

Spirale; mouvement en spirale pour

expliquer celui des planetes en la-

titude, M. I. 243. Fracastor en fait

usage, 329.

Spole, M. II. 382.

Stade alexandrin, sa mesure, M. I.

149, 509. Stade d'Eratosthenes;

sa mesure, 149. Quatre stades résul-

tent des quatre mesures de la terre,

- Leur valeur, 150. Stade d'Eratofthènes, 458. Représentation de la terre, 509. Second stade, *ibid.* Troisième & quatrième stades, 510. Notre évaluation est la plus exacte, 511. Ce nom est originaire d'Asie. Stade asparèze, 512. Autre stade, 515. Stade Grec, 519.
- Stations des planètes, ce que c'est, A. 54. Première explication par les épicycles, M. I. 46. Vraie explication de Copernic, 350.
- Steles, colonnes où étoient gravées les connoissances humaines, A. 260, 284, 318.
- Stile, vieux & nouveau, M. I. 395.
- Stirling, M. III. 43.
- Stöffler, M. I. 426.
- Stokolm, son Académie, M. II. 628.
- Street (Thomas) M. II. 213.
- Struik, M. III. 74.
- Suédois, très anciens, M. I. 292.
- Su-Gang. M. I. 633.
- Su-Kang, Astronome Chinois, M. I. 279.
- Sully, M. III. 109, 111.
- Sulpitius Gallus, prédit une éclipse, M. I. 125, 182.
- Supériorité des Orientaux; les Egyptiens doivent avoir emprunté d'eux, M. III. 275. Cela se prouve par la comparaison des sphères, 276.
- Sybilles, originaires d'Asie, A. 137.
- Synesius, M. I. 207, 573.
- Système des anciens, ou de Ptolémée, A. 56; M. I. 188. Des Egyptiens, A. 57 & 170. De Pythagore, 211 & 214. De Platon, 234. Ptolémée s'excuse de la complication du sien, M. I. 195. Il en sentoît l'insuffisance & l'imperfection, 196. Averroës commence à en montrer les défauts, 241. Alpetragius donne l'exemple d'en proposer un autre, 243. Celui de Tycho, 416. De Descartes, M. II. 181. Objections, 190. Objections de Newton, 553.
- Système, vrai système du monde, A. 58. Connue, dit-on, des Indiens, 116. De Numa, 194, 336. D'Anaximandre, 208. De Pythagore, 213, 446. De Philolaüs, & renouvelé par lui, 220, 440. Connue de Platon, 234, 459. D'Aristarque, M. I. 22. Ce n'étoit alors qu'une opinion, 23. N'a point été adopté par Apollonius de Perge, 46. Copernic, en le rétablissant, devoit éprouver des difficultés, 336. Raisons qui démontrent que c'est le vrai système du monde, 345, 351. Long-tems combattu, 347, 365, N'est point adopté par Tycho, 413, mais par Kepler. Il vit que le centre des forces devoit être dans la plus grande planète, II. 57. Le vrai système du monde affermi par Descartes, 205. Idées de Hook, 464.
- Système de Newton, M. II. 473 & suiv. Eut d'abord de la peine à

s'établir, 579, 637. Généralement confirmé & adopté, III. 155.
Systèmes, sont utiles, M. I. 334; II. 207.
Systèmes d'étoiles, M. II. 687. Peuvent se mouvoir autour de quelque grand corps, III. 266.

T

TABLES astronomiques. Celles des Indiens sont très-exactes; ils en ont de différentes, A. 114. Les Chinois en ont eu, dit-on, du tems de Fohi, 119. Egyptiennes, 168, 415. Etoient peut-être les mêmes que celles des Indiens, 415. Tables du soleil par Hypparque, M. I. 88; & des planetes par Ptolémée, 188, 561. D'Albategnius, 231, 502. D'Arzachel, 236. Des anciens Perses, 252, 505. Ilekaniques, 255, 606, 608. D'Ulug-Beg, 258, 611. Alphonsines, 299. De Copernic, 356. Tables Prussiennes de Rheinhold, 367. Du soleil par Tycho, 405. Tables Rudolphines, M. II. 95, 125. Danoises, 141. Carolines, 214. Du soleil par D. Cassini, 315. Des satellites de Jupiter par Dominique Cassini, 335. Des réfractions par D. Cassini, 361. Des satellites de Jupiter par Pound, 592. De la Hire, 630. Premières Tables dressées sur la théorie de Newton pour la lune, 632. Du soleil par Louville,

633. Des satellites de Jupiter par M. Wargentin, III. 70. Des réfractions par M. de la Caille, 93. De la lune par M. Clairaut & M. Maïer, 155. Du soleil par M. de la Caille, 170.
Tachard (le Pere) M. II. 375.
Taches du soleil, découvertes par Galilée, M. II. 39. Simon Marius prétend aussi les avoir vues le premier, 103. Jean Fabricius paroît être le premier, 104, 107. Le pere Scheiner, autre concurrent, 104. Il les prend pour des planetes, 105. Galilée les regarde comme le produit de la substance du soleil, 106. De Jupiter, voyez Bandes, de Mars, 166. De la lune; Riccioli leur donne les noms des Astronômes, 219. Hévélius en voit dans les comètes, 241. De Jupiter, observées par Dominique Cassini, 317. Idées sur les Taches de la lune, 387. De Saturne, 402. Des satellites de Jupiter, 450. Variables de Jupiter, 602. De Mars, 603. Soupçonnées dans Mercure, 605. Opinions sur la nature de celles du soleil, 694.
Tact, l'Astronomie s'est perfectionnée par une espece de tact, M. I. 53.
Tarde, M. II. 145.
Tangentes, leur usage commence dans le calcul astronomique, M. I. 366.
Taureau, premier des signes, A. 73, 315 & 317. Constellation la plus anciennement observée, 477. Connue

en Amérique, M. I. 287. Il n'est pas sûr qu'il ait été placé dans le ciel pour annoncer le labourage, M. III. 284. Son culte a la même origine que celui de la Vache. Il peut venir de Scythie, 286. Quand il annoncerait le labourage, ce ne seroit pas une institution de l'Egypte, 287.

Tchang-Heng, M. I. 623.

Télescope. Roger Bacon paroît ne l'avoir pas connu, M. I. 303. On a soupçonné que les anciens l'avoient connu, 304. Fracastor a été près de son invention, 331. Découvert par hasard, M. II. 83. Galilée en est en quelque sorte l'inventeur, 85. Kepler le perfectionne; il invente le télescope biconvexe, 96. Explication de cet instrument, 97. Le télescope n'est réellement qu'un microscope, 101. Limites de son effet, 102. Le biconvexe renouvelé par le Pere de Rheita, *ibid.*, 148. Moyens de Descartes pour perfectionner les télescopes, 199. Verres travaillés par Huyghens, 227; par Campani & d'autres, 253. Incurvation des images, remarquée par Grégori, 254. Aberration ou Iris, *ibid.* Leur perfection imaginaire & supposée par Hook, 255. Equipages pour les mouvements, 257. Appliqués aux instrumens, 270. Cette invention trouve des contradicteurs, 275. Son usage, 283. Télescope de 140 pieds, 454. Newton

découvre la cause des iris, il invente le télescope de réflexion, 558. Casségrain l'a aussi inventé, 570. Celui de Grégori, 571. Le Newtonien construit par Hadley, 572. Idée de M. Euler pour perfectionner ceux de dioptrique, III. 115. Leur perfection pourroit causer une révolution dans l'Astronomie, 342.

Tems, la comparaison des tems des passages des astres donne leur différence d'ascension droite, M. I. 375. Tycho trouvoit au contraire le tems par l'ascension droite, 400. Distinction du tems moyen & du tems vrai, M. II. 429. Comparaison des tems avec les espaces, III. 139.

Terre, sa rondeur découverte, A. 31. Confirmée par les éclipses de lune, 51. Connue en Egypte, 167. De Pythagore, 217. Son mouvement annuel connu des Indiens, 116. Les Chaldéens la comparent à un bateau, 138, 366. Terre plate, 520. Sa mesure, *voyez* mesure. Son mouvement, sa rotation connus de quelques Philosophes Grecs, 221. En équilibre au milieu du monde par le principe de la raison suffisante, 229. L'idée de son repos a suspendu toutes les connoissances astronomiques, M. I. 193. Son mouvement connu à la Chine, 272; à trois mouvemens, suivant Copernic, 354. C'est par son mouvement autour du soleil que nous connoissons

l'Univers

l'univers, 359. Tycho lui refuse ce mouvement, 414. Son mouvement enseigné par Aristarque, 453. Comparée à un aimant, II. 61. Galilée soutient son mouvement, 129; & Gassendi, 173. Morin le combat, 175. Descartes le place enfin au rang des vérités, 208. Son applatissement, 512. Elle est un sphéroïde, 519. A été primitivement fluide, 535. On a cru qu'elle tournoit autour de la lune, 605. A un hémisphère plus pesant, suivant Gregori, 655. Son mouvement démontré par l'aberration des étoiles, 676. A été liquide & brûlante, 720. Son refroidissement, 727. M. de Maupertuis & M. Bouguer cherchent à déterminer sa figure, III. 8. On propose d'aller la mesurer à l'équateur, 11; & au pôle, 13. N'est point homogène, 43. N'est point, selon quelques philosophes, un sphéroïde elliptique, 46. Cette figure est cependant la plus vraisemblable, suivant M. Clairaut & M. de la Place, 49. Est dérangée par Jupiter, par Vénus & par la lune, 170. Théorie de M. Clairaut, de M. Euler, *ibid.* Elle a pu déranger la comète de 1759, 195. Sa rotation est-elle uniforme, 227. Auroit pu être dérangée par la comète de 1759, 243.

Tétraéteride, A. 237.

Thadée Hagecius, M. I. 375, 411.

Tome III.

Thalès, chef de la philosophie Ionienne, premier Astronôme Grec, A. 196. Connut le cours du soleil, 438.

Thebes, Héliopolis, premier séjour de l'Astronomie en Egypte, A. 161, 396. Ses habitans établissent l'année de 365 jours un quart, 161, 399.

Thebith, Astronôme Arabe, M. I. 226, 587, 591.

Théodore de Beze, M. I. 383, 427.

Théodose, Géometre, M. I. 118, 492.

Théon le vieux, M. I. 134, 504.

Théon le jeune, M. I. 207, 570.

Théophraste, historien de l'Astronomie, A. 248.

Théorie, explication des phénomènes, troisième objet de l'Astronomie, A. Discours prélim. p. viij. Platon, 236. Eudoxe, 239. Autolicus, sont les premiers Grecs qui s'en sont occupés, 465. Ptolémée, M. I. 188, 547, 552. Purbach, 309. Fracastor, 323. Copernic, 350, 360. Tycho, 416. Andromaque de Crète, 503. Elémens de celle des planètes, M. II. 292. Méthode fondamentale de D. Cassini, 315. Elle confirme la première loi de Kepler, 474. La seconde, 475. La troisième, 485. Des planètes, examinée par la Hire & par Maraldi, 581. Peut donner à peu près les distances & les parallaxes, III. 122. Des verres achromatiques, 118.

F ff

- Thius, Astronôme, M. I. 207, 575.
 Thot, *voyez* Mercure.
 Timée de Locres, M. I. 486.
 Tiresias, A. 187.
 Titans, géans nés dans le nord, A. 324.
 Toaldo, M. III. 132.
 Tosino, M. III. 132.
 Toise, comparée au pendule, M. II. 347. En devrait être le double, 356.
 Toit tournant, M. II. 279.
 Toledannes (Tables) M. I. 236.
 Torneo, on y mesure un degré du méridien, M. III. 15.
 Torquetum, instrument, M. I. 372.
 Tourbillons de Descartes, M. II. 185.
 Objections, 190. Les comètes rétrogrades les détruisent, 552. Objections de Newton, 553. M. de Mairan les corrige, 644.
 Tour de Babylone, A. 143, 393.
 Tours qui marquent les douze lunes au Pérou, comme les douze palais de la Chine, M. I. 285.
 Transversales, leur usage, introduit dans les instrumens, M. I. 367.
 Trembley (Jean) M. III. 132.
 Trépidation, prétendu mouvement des étoiles, M. I. 227.
 Trew (Abdias) M. II. 208.
 Triangles, on mesure les distances par des triangles, M. I. 343, 451.
 Trigones astrologiques, M. II. 6.
 Trigonométrie, M. I. 115. Geber la perfectionne, 602.
 Triquetron, instrument de Ptolémée, M. I. 175.
 Troie, prise de Troie, A. 424.
 Tropiques, leur découverte, A. 39; M. II. 290.
 Trudaine de Montigny, M. III. 120.
 Tsang-se-fin, M. I. 627.
 Tsay-yong, M. I. 624.
 Tse-ma-tsien, M. I. 617.
 Tsiéki, division du zodiaque & de l'année à la Chine, M. I. 618.
 Tubes, leur usage singulier & ancien dans l'Astronomie, M. I. 304. Ont servi peut-être à compter les étoiles, 555.
 Tycho-Brahé, M. I. 377. Se place à la suite de Ptolémée, d'Albategnius & de Copernic, 378. Sa gloire, 421. Son exil, 422. Sa mort, 424. Ses observations imprimées, M. II. 144. Cité, 390, 653.
 Tycho, tache de la lune, M. II. 387.
 Tymocharis, Astronôme Grec, M. I. 8. Ses ouvrages sont perdus, 12, 444, 446.

V

 VALESIIUS, M. I. 386.
 Van-Swinden, M. III. 132.
 Varela, M. III. 132.
 Varignon, M. III. 267.
 Varro (Michel) Génevois, M. II. 78.
 Varron, M. I. 129, 495.

Veigel, M. II. 678.

Vendelinus (Godefroy) M. II. 158.

Vénus, son vrai mouvement connu des Egyptiens, A. 57, 170. Planete connue de Pythagore, 210. C'est lui peut-être qui a conservé la connoissance de ce vrai mouvement, *ibid.* Fait ombre derrière les corps, 246. Silence de Ptolémée sur ce mouvement, 412. Hypothèse de cet Astronôme sur cette planete, M. I. 191, 551. Raïson de ce silence, 196. Alpetragius lui donne une lumière propre, 244. A servi à faire l'observation intermédiaire, 398. Ses phases observées, M. II. 94. Passage qui n'a point lieu, 152. Premier passage observé, 153. Sa rotation, 321. Ses passages donnent la parallaxe du soleil. Méthode de Halley, 437; de M. de Lisle, III. 105. Voyages pour le passage de 1761, *ibid.* Résultats, 106. Voyages pour le passage de 1769, 107. Résultats, 108. Sa théorie rectifiée par M. de la Lande, 131. Ses dérangemens, 171.

Verbiest (le Pere) M. II. 375.

Verdun de la Crene, M. III. 112.

Vérification des instrumens, *voy.* instrumens, M. I. 298.

Vernier, perfectionne la division de Nonnius, M. I. 369.

Verres, grossissent les objets, M. I. 303, 601. Leurs effets expliqués,

II. 97. Verres hyperboliques, 199. Comment on travaille les verres sphériques, *ibid.* Combinés avec des liqueurs par Hook, 256; par M. Euler, III. 115. Achromatiques de M. Dollond, 118. Théorie de M. Clairaut & de M. d'Alembert, *ibid.* Objectifs à trois verres, de M. Dollond le fils, 119. Dimensions calculées par M. Jaurat, *ibid.* Ces verres n'ont pas été perfectionnés comme on l'espéroit, 120. Prix proposé par M. Trudaine de Montigni, *ibid.*

Vetavan, mesure, M. I. 515.

Vide, les espaces de l'univers sont vides de matière, suivant Newton, M. II. 502; ils sont plus vides encore qu'un tuyau purgé d'air, 609. Le vide absolu ne peut cependant exister, III. 236.

Viete, M. II. 169.

Vilkins, M. II. 157.

Vitesse, idée de la vitesse, M. II. 65. Vitesse angulaire, 66. Mesure de la vitesse, 462; III. 139.

Vitruve, M. I. 129, 500.

Ulacq, M. II. 111.

Ulloa (Don Antoine) M. III. 18.

Ulug-Beg, M. I. 258, 611. Restaurateur de l'Astronomie chez les Uzbeks, *ibid.*

Univers, *voyez* Monde.

Voie lactée, est la réflexion des rayons du soleil, suivant Anaxagore, A. 204. Ancienne route du soleil, 222, 252.

Produire par la lumière des étoiles ,
230. Météore , suivant Aristote ,
245. Jonction des deux hémisphères ,
suivant Théophraste , 248.
Est toujours nommée voie ou chemin ,
473. Galilée confirme l'opinion qu'elle est un
amas d'étoiles , M. II. 90. On ignore sa nature ,
III. 261.

Volcans soupçonnés dans la lune , M. II. 387.

Upey , M. III. 132.

Upsal , son Académie , M. II. 678.

Uranibourg , observatoire de Tycho ,
M. I. 389. N'existoit plus au tems de
Picard , II. 353.

Uranus , n'est point un emblème , A. 5 ,
288. Son âge , 9. Son histoire , 286.

Ursinus , de Brandebourg , M. II. 111.

Utilité de l'Astronomie , A. Discours
préliminaire , p. xj.

W

WALES , M. III. 133.

Walmesley (le pere) M. III. 171, 176,
206, 228.

Wallis , M. II. 653 ; III. 62.

Waltherus , M. I. 313. Reproche qu'on
lui fait , 319.

Wargentini , M. III. 67, 69, 101, 131,
132, 231.

Whiston , A. 509.

Willard , M. III. 133.

Wilson , M. III. 133.

Wing , M. II. 213.

Wintrop , M. III. 222, 135.

Wren , M. II. 445.

Wricht , M. II. 632.

Wurtzelbaur , M. II. 678.

X

XENOPHANES , A. 228.

Ximenès (le Pere) M. III. 131.

Y

YAO , Empereur Chinois , A. 124. Son
époque mal déterminée par Domi-
nique Cassini , 348.

Y-Hang , Astronôme Chinois , M. I.
276, 628.

Ymer , Géant , A. 324.

Yu-Chi , Astronôme Chinois , A. 120.

Z

ZAHÉL , M. I. 603.

Zanotti , M. III. 101, 131, 132.

Zenon , A. 462.

Zodiacale , lumière , M. II. 411. Elle
étincelle , on la croit formée de sa-
tellites , 413. Dominique Cassini
la croit une dépuration du soleil ,
comme ses taches , 414. Il juge
qu'elle est l'atmosphère du soleil ,
415.

Zodiaque , sa découverte , A. 45.
Divisé d'abord en vingt-sept ou

vingt-huit parties, *ibid.* 475, 476; puis en douze, 46; en deux, en quatre, en trente-six parties, 446. Ne renferma d'abord que des animaux; les figures d'hommes n'y ont été introduites que plus tard, 46. Sa division en douze signes est antérieure au déluge, 74. Sa double division connue des Indiens, 109; des Chinois, 126; des Perses, 130. Divisé en douze signes en Chaldée, 138. Ressemblances du zodiaque indien & du zodiaque égyptien, 157. Ses divisions indiquées en Ethiopie par Hermès, 160. Sa subdivision de dix en dix degrés, *ibid.*, 496. Sa première division fut exécutée, lorsque l'équinoxe du printemps répondoit au premier degré des gémeaux, 73, 315, 316, 479. Notion du zodiaque dans le Livre de Job, 478. Zodiaque mobile des Indiens, 481. Epoque soupçonnée de son établissement, 482, 484. Division du zodiaque faite par la chute de l'eau, 484. Est l'origine du partage de l'année en vingt-quatre mois, 486. Zodiaque indien, 487. C'est l'original; le nôtre en est une copie, 488. Zodiaque des Arabes, 491; des Perses, 492; des Siamois, *ibid.*; des Chinois, 491; des Egyptiens, 494, 496. Les Indiens & les Siamois commencent leur zodiaque à un point non remarquable, 482,

492. Celui des Chinois commence à l'Epi de la Vierge, 493. Subdivision en cent huit parties dans l'Egypte & dans l'Inde, 496. Divisé d'abord en Asie, 499. Le zodiaque du Pere Kirker est suspect, peut-être mal à propos, 500. Zodiaque fait pour l'Astrologie, 503. Ne paroît point dû aux Egyptiens, 504. Zodiaque trouvé à Rome, *ibid.*; à Acmin, 505. A toujours eu douze signes, & peut n'avoir eu qu'onze constellations, 499. Zodiaque chrétien, M. II. 150. Les comètes n'en ont pas, 646. Zodiaque, système de M. Dupuis sur la position de ses constellations, III. 278. Distinction des signes & des constellations, 279. Zodiaque anciennement connu & divisé, 280. Selon M. Dupuis, ce fut au tems où la Balance étoit dans l'équinoxe du printemps, *ibid.* On y a caractérisé d'abord le mouvement solaire, ensuite son influence sur l'agriculture, 282. On y retrouve les institutions de la vie patriarcale, 286. Il paroît avoir été divisé dans le Nord de l'Asie, 287. Il l'a été par le mouvement du soleil, en deux & en quatre parties, 288. On ignore quand les signes caractéristiques du mouvement du soleil ont été introduits, 290. Les noms de ces signes ont pu être arbitraires, 291. Ils ont pu être confondus & transposés, *ibid.*

Les Indiens & les Chinois ont un zodiaque rationel, partagé en douze portions égales, & un zodiaque sensible orné d'étoiles & partagé en vingt-sept constellations, 303. Celle-ci relative à la lune, est la plus ancienne, 304. Celle en douze signes, relative à l'année, est postérieure, *ibid.* Ils ne connoissent que la division en vingt-sept ou vingt-huit constellations; celle de douze n'existe pas chez eux, 307. La première établie, la seconde auroit été super-

flue, *ibid.* Notre division en douze constellations, est due sans doute aux Chaldéens, 309.

Zônes, la terre divisée en zones par Thalès, A. 196; par Parménides, 229, 457. Zônes tempérées, seules favorables aux progrès des sciences,

M. I. 7.

Zoroastre, étranger à Babylone. Son âge, A. 132, 358. Deux Zoroastres, *ibid.* Passage de ses livres, 392.

Zucchi, M. II. 165.

Zupî, M. II. 143, 166.

Fin de la Table.

E X T R A I T

*Des Registres de l'Académie royale des Sciences ,
du 17 Avril 1782.*

MESSIEURS de Fouchy, le Gentil, le Roy, Cassini le fils, du Sejour, & Cousin, ayant rendu compte à l'Académie du troisieme volume de l'Histoire de l'Astronomie moderne par M. Bailly, l'Académie a jugé cet ouvrage digne de son approbation & de paroître sous son privilege : en foi de quoi j'ai signé le présent certificat. A Paris, le 17 Avril 1782.

Le Marquis de CONDORCET.





